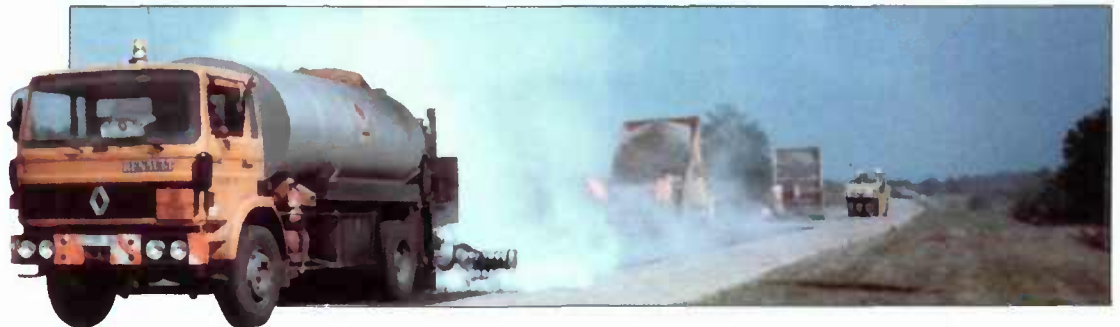




Ministère
de l'Aménagement
du territoire,
de l'Équipement,
et des Transports

ENDUITS SUPERFICIELS D'USURE



Guide technique

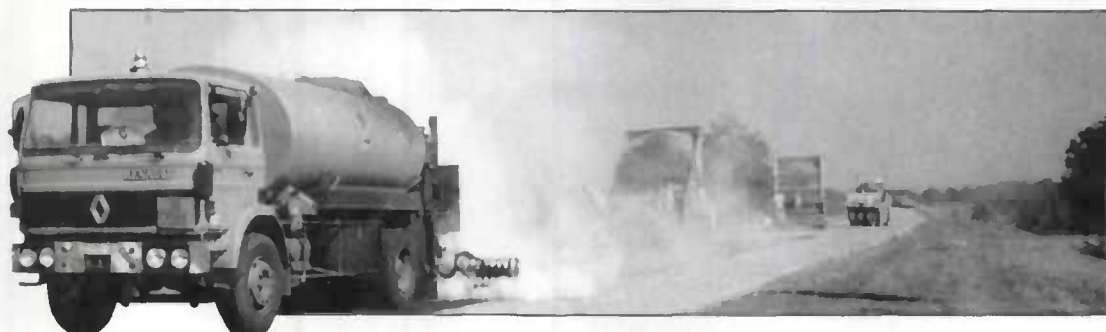


LCPC



Page laissée blanche intentionnellement

ENDUITS SUPERFICIELS D'USURE



Guide technique

Mai 1995

Document réalisé par :

LCPC



Le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
58, boulevard Lefebvre — F-75732 PARIS CEDEX 15
Téléphone : 33 (1) 40 43 50 00 — Télécopie : 33 (1) 40 43 54 98 — Télex : LCPARI 200361F
et



Le Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes
Centre de la Sécurité et des Techniques Routières
46, avenue Aristide-Briand — BP 100 — F-92223 BAGNEUX CEDEX
Téléphone : 33 (1) 46 11 31 31 — Télécopie : 33 (1) 46 11 31 69 — Télex 632263

Document réalisé sous la direction de J.-F. CORTÉ (LCPC)
par le groupe de rédaction composé de :

J.-C. MÉNARD	LRPC d'Autun, coordinateur
N. BARASZ	SETRA
G. BERGERET	LRPC de Lyon
Y. BROSSEAUD	LCPC
C. DARNAULT	SEMR de Blois
P. LEMONNIER	LCPC
B. MORIAME	CETE du Sud-Ouest
J-P. TOBO	DDE du Pas-de-Calais
B. TORCHET	SEMR de Blois

Couverture : Réalisation d'un enduit superficiel

En haut à gauche : Épandage du liant

En haut à droite : Gravillonnage

En bas : Vue générale de l'atelier d'application

Photographies : LRPC d'Autun

Sommaire

Présentation 5

Chapitre I - Constituants 7

A. GRANULATS	9
A-1. ORIGINE	10
A-2. GRANULARITÉ	10
A-3. ANGULARITÉ	10
A-4. PROPRIÉTÉ SUPERFICIELLE	11
A-5. APLATISSEMENT	11
B. LIANTS HYDROCARBONÉS	12
B-1. CLASSIFICATION DES LIANTS POUR ENDUITS	12
B-2. LES ÉMULSIONS DE BITUME	14
B-3. LES POLYMÈRES	14

Chapitre II - Formulation 17

A. CHOIX DE LA STRUCTURE DE L'ENDUIT	19
B. CHOIX DU LIANT	21
B-1. NATURE DU LIANT	21
B-2. CATÉGORIE DU LIANT	21
C. CHOIX DE LA DIMENSION DES GRANULATS	23
D. ADHÉSIVITÉ LIANT-GRANULATS	24
E. DOSAGE EN LIANT	26
E-1. DOSAGE DE BASE	26
E-2. CORRECTIF DE DOSAGE	27
F. DOSAGE EN GRANULATS	30

Chapitre III - Préparation des chantiers 33

A. PROGRAMMATION	35
A-1. ANNÉE N-2. PROGRAMMATION GÉNÉRALE DES CHANTIERS	35
A-2. ANNÉE N-1. PROGRAMMATION DES TRAVAUX PRÉPARATOIRES	35
A-3. ANNÉE N-. PRÉPARATIONS AVANT RÉALISATION DE L'ENDUIT	37
B. PÉRIODE DE RÉALISATION	39
C. PRÉPARATION DES AIRES DE STOCKAGE DES GRAVILLONS	39

Chapitre IV - Matériels 41

A. LES ÉPANDEUSES DE LIANT .....	.43
B. LES GRAVILLONNEURS .....	.46
B-1. LES GRAVILLONNEURS PORTÉS .....	.46
B-2. LES GRAVILLONNEURS AUTOMOTEURS .....	.49
C. LES MATÉRIELS D'ÉPANDAGES SIMULTANÉS .....	.51
D. LES MATÉRIELS BANALISÉS .....	.52
D-1. LES COMPACTEURS .....	.52
D-2. ENGINS DE REPRISE ET DE CHARGEMENT .....	.52
D-3. LE MATÉRIEL D'ÉLIMINATION DES REJETS .....	.53

Chapitre V - Exécution des travaux 55

A. SIGNALISATION .....	.57
B. BALAYAGE PRÉALABLE .....	.57
C. ÉPANDAGE DU LIANT .....	.58
D. ÉPANDAGE DES GRANULATS .....	.59
E. MISE EN PLACE DE LA MOSAÏQUE .....	.59
F. ÉLIMINATION DES REJETS .....	.59
G. EXPLOITATION DE LA ROUTE .....	.60
H. CONTRÔLE D'EXÉCUTION .....	.60
H-1. CONTRÔLE PRÉALABLE À L'EXÉCUTION .....	.60
H-2. CONTRÔLE LORS DE L'EXÉCUTION DES CHANTIERS .....	.61

Chapitre VI - Résultats d'ensemble 63

A. APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ .....	.65
A-1. IMPERMÉABILITÉ .....	.65
A-2. RUGOSITÉ GÉOMÉTRIQUE .....	.65
A-3. ABSENCE DE DÉGRADATIONS .....	.65
B. DÉFAUTS CONSTATÉS .....	.66

Bibliographie 69

Annexes 73

ANNEXE 1 : <i>Catalogue de dégradations des enduits superficiels</i> .....	.73
ANNEXE 2 : <i>Guide photographique Dosage en granulats</i> .....	. Sous rabat

Présentation

En novembre 1978 était publiée une directive de la Direction des routes pour la *Réalisation des enduits superficiels* qui se substituait à la version antérieure datée de février 1972 pour tenir compte des enseignements tirés des nombreux chantiers expérimentaux et réalisations opérationnelles faits dans l'intervalle. Au cours des quinze dernières années, les produits, les techniques et matériels de mise en œuvre ont encore suffisamment évolué pour qu'il apparaisse de nouveau nécessaire de produire un document actualisant les connaissances et l'état de la pratique.

Bien que les solutions d'enrobés très minces et ultra-minces se soient largement développées ces dernières années, la technique des enduits superficiels d'usure reste, de loin, avec environ 350 à 400 millions de m² réalisés chaque année, la solution la plus employée si l'on prend en considération l'ensemble du réseau routier de notre pays. L'intérêt économique justifiait donc à lui seul que l'on s'attache à bien diffuser l'information sur les progrès de la technique.

Outre ces évolutions techniques, l'institution des normes et la mise en place de la démarche Qualité ont amené la production ou la refonte de nouveaux documents impliquant la reprise des anciennes directives ou recommandations. Ainsi dans le domaine des enduits superficiels faut-il signaler :

- la publication en mai 1992 de la norme NF P 98-160 *Enduits superficiels d'usure – Spécifications*,
- et la révision en 1995 du fascicule 26 *Exécution des enduits superficiels* du CCTG.

Au plan technique, par rapport au contenu de la directive de 1978, les principales modifications apportées par le présent guide, organisé selon le même plan que la directive, portent sur les points suivants.

Les constituants – Les propriétés des granulats sont définies selon la norme P 18-101 et les exigences sont celles de la norme NF P 98-160. Des suggestions sont faites quant au choix du liant selon le trafic et la période de réalisation. Les goudrons et bitumes-goudrons ne sont plus employés alors que les liants anhydres et émulsions modifiés sont désormais fréquemment utilisés, plusieurs produits commerciaux faisant l'objet d'un Avis technique.

La formulation - Des propositions précises sont faites pour corriger le dosage en liant en fonction du cas de chantier, de la technique d'enduit et du liant utilisés.

Préparation des chantiers - Cette phase, essentielle pour un choix adapté de la technique, une exécution correcte et vis-à-vis de la durabilité des travaux, est détaillée pour les opérations incombant au service gestionnaire.

Les matériels - Les épandeurs de liants et les gravillonneurs ont sensiblement évolué avec la généralisation des pompes doseuses, des diffuseurs, des rouleaux extracteurs...

Exécution des travaux - Le contrôle préalable du bon fonctionnement du matériel avec des vérifications sur banc selon des normes homologuées d'essais se généralise.

Résultats d'ensemble - La norme NF P 98-160 précise désormais les limites d'étendue considérées comme acceptables des différents types de dégradations après un cycle complet de saisons pour juger de la qualité de la réalisation.

Pour rendre ce guide complet, s'y trouvent joints deux documents jusqu'ici édités et diffusés séparément par le LCPC : le *Guide photographique des dosages en granulats*, et le *Catalogue de dégradations des enduits superficiels*.

Ce guide technique LCPC-SETRA expose l'état de la technique. Son contenu devrait donc intéresser l'ensemble des maîtrises d'ouvrage et de la profession. Les dispositions traduisant les choix du maître d'ouvrage État quant au choix des classes de performance, aux spécifications particulières et au domaine d'emploi des enduits superficiels sur le réseau des routes nationales seront exprimées prochainement dans une circulaire du Directeur des routes.

Le Directeur technique Chaussées
LCPC



J.-F. CORTÉ

Le Chef du département Conception,
Réalisation et entretien des routes



Y. CHARGROS

Chapitre I

Constituants

Page laissée blanche intentionnellement

A. GRANULATS

Les granulats pour enduits superficiels d'usure (ESU) sont définis par la norme P 18-101 de décembre 1990.

Cette norme, relative aux granulats, définit les termes spécifiques aux granulats et les classe par catégories suivant leurs caractéristiques mécaniques et de fabrication.

Ils doivent satisfaire également à la norme NF P 98-160 de mai 1992 concernant les enduits superficiels d'usure qui fixe les spécifications d'emploi et les performances.

La classification des granulats porte sur :

a) l'origine

b) les caractéristiques intrinsèques

- Los Angelès (LA) norme P 18-573
- Micro-Deval humide (MDE) norme P 18-572
- Coefficient de polissage accéléré (CPA) norme P 18-575
- Masse volumique norme P 18-554

Les valeurs des LA et MDE et leur association permettent de classer les granulats en catégories : A, B, C, D, E et F. En ce qui concerne les enduits, seules les classes A, B et C sont utilisables.

Classes	LA + MDE	LA	MDE
A	≤ 25	≤ 20	≤ 15
B	≤ 35	≤ 25	≤ 20
C	≤ 45	≤ 30	≤ 25

c) les caractéristiques de fabrication

- Granularité
- Angularité
- Propreté superficielle (P) norme P 18-591
- Aplatissement (A)

Ces caractéristiques permettent de classer les granulats en catégories I, II, III et IV. Pour les enduits, seules les classes I et II sont utilisables.

Catégories	A	P
I	≤ 10	≤ 0,5
II	≤ 15	≤ 1

A-1. ORIGINE

Les granulats peuvent avoir deux origines : **naturelles** ou **artificielles**.

Ils sont dits **naturels** quand ils sont issus de gisements alluvionnaires ou de roches massives. Ils devront répondre aux caractéristiques préconisées dans le tableau 1.

Ils sont dits **artificiels** lorsqu'ils sont élaborés par transformation thermique. Ils ne sont employés que pour traiter des points très particuliers dans le cadre d'opérations de sécurité telles que virages dangereux, zones de décélération, etc.

Le fabricant devra assurer le suivi de sa fabrication au moyen d'un plan d'assurance qualité avec contrôle extérieur (cf. fascicule 23 du CCTG). Si ce n'est pas le cas, le contrôle extérieur devra être suffisamment complet afin de compenser l'absence de contrôle externe de la production.

A-2. GRANULARITÉ

Afin d'obtenir une bonne mosaïque, il est nécessaire d'utiliser des granulats présentant une granulométrie la plus serrée possible.

Les classes granulaires les plus utilisées en d/D sont les suivantes :
2/4 - 4/6,3 - 6,3/10 - 10/14

On peut utiliser dans des cas bien particuliers la granularité 14/20.

Dans tous les cas, le refus au tamis de 1,25 D doit être nul.

Le tamisat à $\frac{d+D}{2}$ doit être compris entre 33 et 66 %. L'étendue maximale du fuseau de régularité doit être inférieure ou égale à 10 % à d et D et à 25 % à $\frac{d+D}{2}$.

A-3. ANGULARITÉ

En ce qui concerne les granulats issus de gisements alluvionnaires, le rapport de concassage R_c (1) doit être supérieur ou égal à 2 pour les trafics T1 à T3 (cf. paragraphe E-2 du chapitre II pour la définition des classes de trafic).

Pour les trafics supérieurs à T1, l'emploi des roches massives est fortement conseillé. Dans le cas de matériaux d'origines alluvionnaires, le rapport de concassage devra être supérieur ou égal à 4.

Pour les trafic inférieurs à T3 les granulats retenus devront avoir un indice de concassage I_c (2) de 100 % (tableau 1).

(1) Le rapport de concassage (R_c) est le rapport entre la plus petite dimension (d) du matériau d'origine et la plus grande dimension (D) du granulat obtenu.

(2) L'indice de concassage (I_c) est le pourcentage d'éléments supérieurs au D du granulat élaboré, contenu dans le matériau d'origine soumis au concassage.

A-4. PROPRETÉ SUPERFICIELLE

La propreté (P) du granulat est l'un des facteurs essentiels de la réussite d'un enduit superficiel. Il est indispensable que le liant colle parfaitement aux granulats et non à une pellicule de fines pouvant recouvrir ces derniers, il est donc important de respecter les valeurs fixées dans le tableau 1.

La propreté d'un gravillon est le pourcentage de passant au tamis de 0,5 mm y compris les éléments adhérents aux granulats (l'essai est réalisé par voie humide).

Il faudra s'assurer visuellement que les granulats ne sont pas souillés par une gangue argileuse adhérente à leurs faces. Si un doute subsiste même après lavage, une étude complète d'adhésivité devra être réalisée (chapitre II – paragraphe IV).

A-5. APLATISSEMENT

Un granulat est considéré comme "plat" lorsque le rapport G/E est supérieur à 1,58 (G et E étant respectivement la grosseur et l'épaisseur du granulat). Le coefficient d'aplatissement (A) est le pourcentage en poids de granulats plats.

Le "pouvoir couvrant" d'un gravillon est la quantité maximale de granulats recouvrant en totalité et sans superposition une surface donnée. Il est exprimé généralement en litres par mètre carré. Sa détermination est indispensable, car toute variation de la forme des gravillons peut en modifier le dosage et, par conséquent, influencer sur le dosage en liant de la formule. Les coefficients d'aplatissement (A) préconisés figurent dans le tableau du paragraphe I.c.

Le tableau 1, inspiré de l'annexe A informative de la norme NF P 98-160, précise les caractéristiques des granulats que l'on peut retenir en fonction du trafic.

Tableau 1

Trafic PL/J/Sens charge véhicule ≥ 5T	Faible	Moyen	Fort	
	≤ 50	50 à 300	300 à 750	> 750
Caractéristiques intrinsèques	C	B	B	A
CPA (1)	≥ 0,50	≥ 0,50	≥ 0,50	≥ 0,55
Caractéristiques de fabrication (2) et (3)	II	II (4)	I	I
RC		≥ 2	≥ 2	≥ 4
IC	100 %			

(1) La règle de compensation : 100 CPA = LA + MDE est admise

(2) Pour les gravillons dont D est inférieur à 10 mm, A est majoré de 5 points

(3) On ne fait pas d'essai d'aplatissement sur la fraction 2/4

(4) La propreté doit être inférieure ou égale à 0,5

B. LIANTS HYDROCARBONÉS

Les liants hydrocarbonés sont définis par les normes de spécifications – série T 65. Ces normes définissent des classes de liant par grade suivant leurs caractéristiques. Les liants pour enduit doivent satisfaire à certaines de ces normes.

B-1. CLASSIFICATION DES LIANTS POUR ENDUITS

Les liants pour enduits peuvent être classés en trois groupes :

- les liants chauds classiques ou liants anhydres (sans eau)
- les émulsions de bitume
- les liants modifiés sous forme anhydre ou émulsion

Le tableau suivant présente, de manière synthétique, la classification des liants pour enduits, ainsi que leur principe de fabrication. Les indications données résultent directement des normes de la série T 65.

Tableau 2

Liant	Principe de fabrication	Classification par grade des liants pour enduits superficiels	
Liants anhydres			
Bitume pur	distillation du pétrole	pénétration mini/ pénétration maxi	70/100 180/220
Bitume fluidifié	ajout d'un solvant pétrolier léger type kérosène au bitume pur (viscosité abaissée)	viscosité mini/ viscosité maxi à 25° C	400/600 800/1 400
Bitume fluxé	ajout de fluxant au bitume	viscosité mini/ viscosité maxi à 25° C	400/800 800/1 600 1 600/3 200
Bitume goudron	ajout de goudron au bitume	viscosité mini/ viscosité maxi à 25° C	1 200 2 000 2 500
Émulsion de bitume			
	dispersion d'une phase liant hydrocarboné dans une phase aqueuse tensio-active	charge/vitesse de rupture/teneur en bitume	ECR 69 - ECR 65 ECM 69 - ECM 65 EAR 69 - EAR 65 EAM 69 - EAM 65 C : cationique A : anionique R : rupture rapide M : rupture semi rapide
Liant modifié			
	ajout d'un polymère plastomère/élastomère etc. au bitume	En cours de normalisation	

Tous ces liants n'ont pas le même développement. Certains sont en régression alors que d'autres sont en plein essor.

Bitume pur	Ces grades servent essentiellement à la fabrication des liants suivants.
Bitume fluidifié	Ces produits sont peu utilisés en France car ils contiennent des solvants légers pouvant conduire à des problèmes de sécurité.
Bitume fluxé	Depuis 1991, le terme de fluxant et donc de bitume fluxé, n'est plus uniquement associé aux huiles de goudron de houille mais inclut également les huiles lourdes de pétrole ou un mélange d'huiles de goudron de houille et d'huile lourde de pétrole.
Bitume goudron	Ces produits sont peu utilisés en France pour des raisons d'éloignement des lieux de fabrication des goudrons.
Émulsion cationique de bitume	Pour obtenir une remise en circulation rapide, il est conseillé d'utiliser des émulsions cationiques à rupture rapide. Les émulsions de bitume à 65 % sont moins employées que celles à 69 %.
Émulsion anionique de bitume	Elles ne sont quasiment plus utilisées en France, dans le domaine routier, pour des problèmes de rupture. Tous ces liants sont clairement spécifiés et caractérisables (voir la liste des normes en annexe).
Liants modifiés	<p>L'apparition des polymères, plastomères, etc. introduits généralement à raison de 1 à 5 % dans les liants pour enduits, n'a pas donné lieu à une classification particulière. Des groupes de normalisation travaillent à leur définition.</p> <p>Toutefois, on peut distinguer deux familles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les bitumes fluxés modifiés - les émulsions de bitumes modifiés. <p>Certains produits commerciaux, issus de ces familles, ont fait l'objet d'un Avis technique de la part de l'Administration française (publiés par le SETRA) pouvant tenir lieu d'élément de référence. Les Avis techniques concernent des produits bien identifiés, fabriqués et mis en œuvre par une entreprise donnée. Ils renseignent l'utilisateur sur les performances atteintes, les domaines, conditions et précautions d'emploi.</p> <p>Une liste des Avis techniques de liant pour enduits superficiels figure en annexe.</p>
Liants particuliers	<p>Bitume mousse : bitume mélangé à de l'eau et de l'air formant une mousse.</p> <p>Émulsion à forte teneur en bitume : émulsion dont la teneur en bitume est supérieure à 69 % et à très forte viscosité.</p> <p>Émulsion utilisant des rupteurs.</p>

B-2. LES ÉMULSIONS DE BITUME

L'émulsion de bitume est une dispersion de liant bitumineux dans l'eau qui nécessite une énergie de dispersion importante de ce liant et d'un agent tensioactif ou émulsifiant.

L'énergie de dispersion peut être apportée soit par une turbine exerçant un cisaillement mécanique, soit par un mélangeur dynamique conjuguant l'effet de la pression d'introduction des fluides à température donnée et du chemin de mélange.

Les liants bitumineux utilisés pour la fabrication des émulsions de bitume employées pour les enduits superficiels sont généralement des bitumes purs (70/100 ou 180/220) ou modifiés, éventuellement fluidifiés ou fluxés.

L'apport de polymère dans l'émulsion peut être effectué :

- à la fabrication, soit en utilisant un bitume préalablement modifié, soit en ajoutant une émulsion de latex dans la phase continue aqueuse,
- au stockage, en ajoutant et homogénéisant le plus soigneusement possible une émulsion de latex à l'émulsion de bitume

En plus des grandeurs spécifiées dans la norme NF T 65-011, il est important de parfaitement maîtriser :
- le pH de l'émulsion (couramment entre 1,8 et 3,5),
- la granularité de l'émulsion (variable selon les formulations).

Pour respecter les fourchettes d'indice de rupture (NF T 66-017 et T 66-019), il convient de maîtriser la fabrication et le stockage et surtout d'assurer une qualité constante, obtenue lorsque les résultats des principaux essais de qualification sont contenus dans des fourchettes étroites. Pour utilisation en enduit superficiel, les émulsions devront présenter une rupture rapide.

B-3. LES POLYMÈRES

L'ajout d'un polymère dans un liant pour enduit conduit généralement à réduire sa susceptibilité thermique (meilleur comportement aux températures de service basse et élevée) et à augmenter sa cohésion, sa viscosité et son pouvoir élastique.

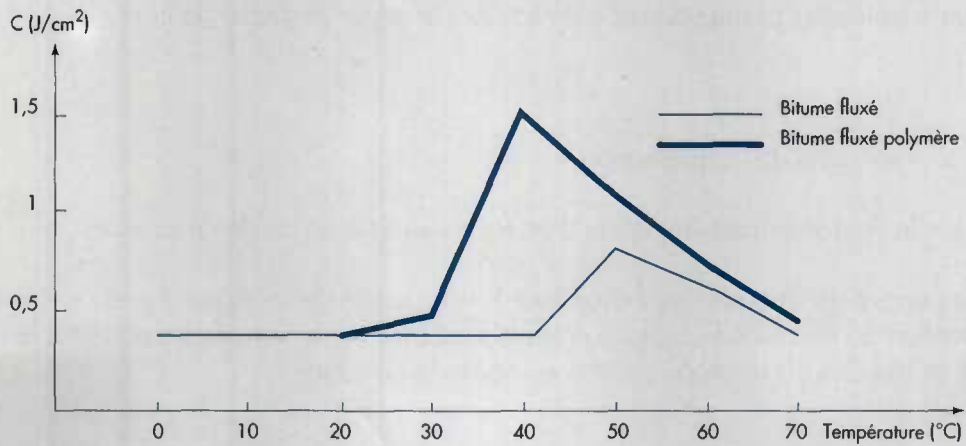
Les polymères utilisés dans les liants pour enduits superficiels sont de nature différente et peuvent être introduits à différentes teneurs et de différentes manières.

Le choix d'un polymère et de sa teneur est défini par rapport aux résultats d'essais de performances du liant tels que :

- la mesure de la cohésion du liant au mouton-pendule : norme NF T 66-037

Cet essai permet de tracer la courbe de variation de la cohésion (énergie, par unité de surface, absorbée par la rupture d'un film de liant soumis à un choc déterminé) en fonction de la température.

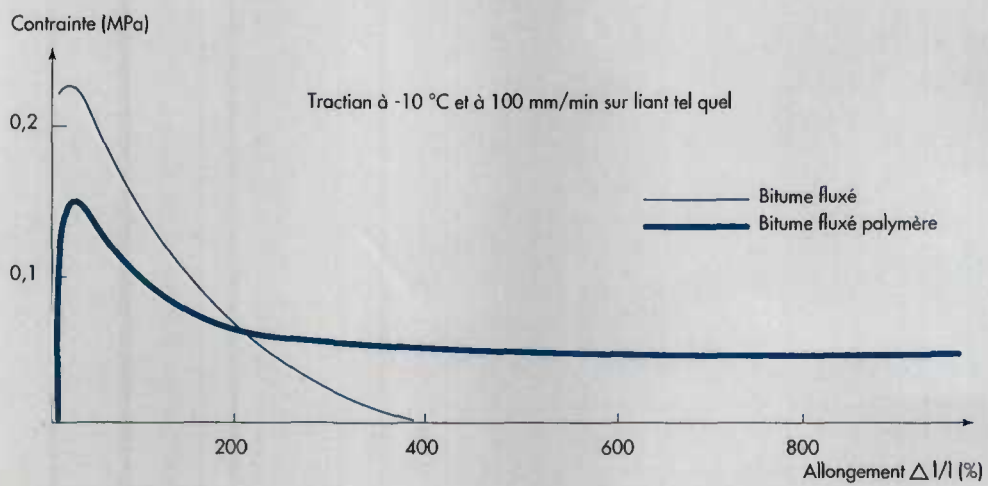
Figure 3 : Cohésion C au mouton-pendule en fonction de la température



- la détermination des caractéristiques en traction par essai de traction à froid : norme NF T 66-038

C'est l'étirement jusqu'à rupture d'éprouvettes normalisées en forme d'haltères en mesurant la force et l'allongement pendant l'extension.

Figure 4 : Caractéristiques en traction



- le retour élastique du liant élastomère : norme NF T 66-040

Une éprouvette en forme d'haltère est étirée sur 20 cm. Elle est ensuite sectionnée en son milieu. La mesure des deux demi-éprouvettes permet alors de déterminer le retour élastique du liant.

Ces trois essais sont en cours de normalisation.

Ils sont réalisés sur le liant stabilisé (simulation d'un liant soumis à un an de circulation).

De plus, il est important de s'assurer de l'excellente homogénéité de la dispersion du polymère dans le liant, par observation au microscope optique d'épifluorescence sur le liant de base et (ou) le liant stabilisé, ainsi que de sa stabilité au stockage (norme européenne en cours).

Chapitre II

Formulation

Formuler un enduit superficiel, c'est d'abord se rendre sur le terrain et appréhender au mieux un certain nombre de paramètres afin d'établir :

des choix :

- structure de l'enduit,
- nature et catégorie du liant,
- nature et dimension des granulats,

des adaptations :

- adhésivité liant/granulats,
- dosage en liant,
- dosage en granulats.

Les principaux paramètres à considérer sont :

les caractéristiques physiques de la chaussée à revêtir :

- nature,
- état du support,
- géométrie de la section,

les caractéristiques d'usage de la chaussée :

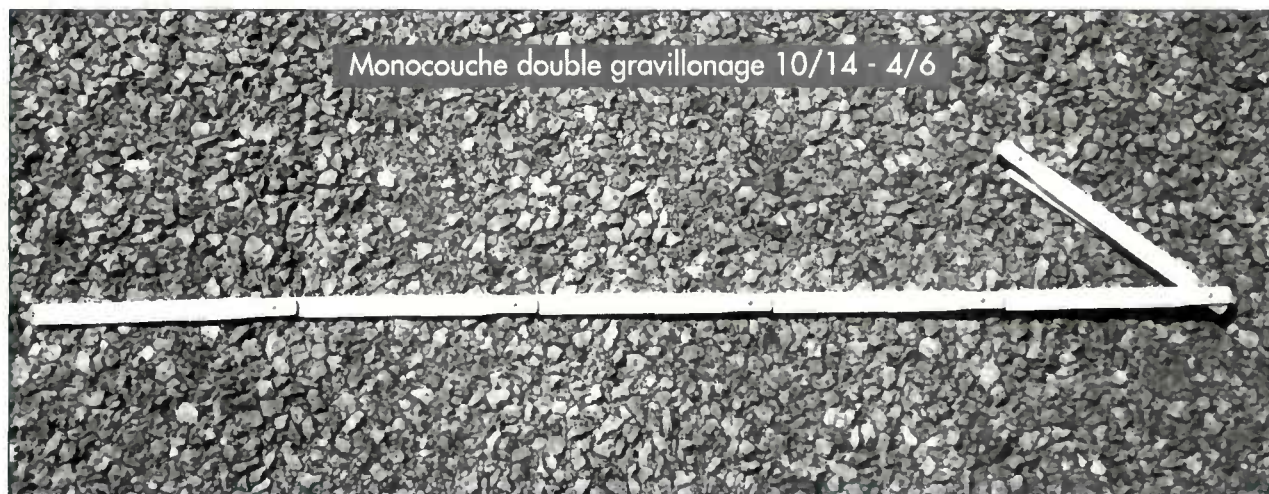
- trafic,
- site (agglomération),
- conditions d'exploitation,

les caractéristiques d'environnement :

- exposition de la section,
- région climatique,

l'époque de réalisation.

Le logiciel d'aide à la formulation des enduits superficiels ALOGEN permet, à partir de ces différents paramètres, de déterminer la formulation la mieux adaptée à un cas précis.



A. CHOIX DE LA STRUCTURE DE L'ENDUIT

Le choix de la structure de l'enduit est essentiellement fonction du trafic, du support, de l'environnement, des sollicitations hivernales, de l'époque de réalisation et, bien sûr, de la fonction recherchée (rugosité – étanchéité).

Le monocouche simple gravillonnage est la structure la plus courante et convient pour presque tous les trafics (jusqu'à T2). Il est réalisé le plus souvent avec des granulats 6/10. Il nécessite un support en bon état, homogène et n'accepte pas des efforts tangentiels trop importants.

Le monocouche double gravillonnage est un compromis intéressant entre le monocouche simple gravillonnage et le bicouche. Il est particulièrement bien adapté aux trafics intenses, rapides et lourds, dans la mesure où il est appliqué sur un support "dur" et homogène. C'est une structure rugueuse qui permet une bonne drainabilité superficielle, mais qui présente, par contre, un niveau sonore plus élevé.

Le bicouche est à préférer lorsque le support est hétérogène et sec, d'autant qu'il apporte une étanchéité améliorée à l'ancienne chaussée. Il est bien adapté pour la réalisation d'enduits dans des régions particulièrement humides et (ou) froides. Avec ce type de structure, il faut particulièrement bien évaluer les dosages en liant surtout en cas d'utilisation de liant anhydre (risque de ressuage).

Le monocouche prégravillonné peut s'envisager pour presque tous les trafics. Il est particulièrement bien adapté aux supports hétérogènes et ressuyants. Son utilisation sur supports perméables et poreux est déconseillée sans préparation, surtout si l'on recherche une étanchéité de la chaussée.

Le bicouche prégravillonné est une technique qui tend à se développer depuis 1991 essentiellement dans le Sud-Ouest de la France. Il est particulièrement bien adapté pour étancher efficacement un support très hétérogène. Il permet de s'affranchir de certaines préparations en emplois partiels.

Le tableau 5 donne un exemple de choix de structure et de dimension des gravillons en fonction des paramètres trafic et support.

Tableau 5 : Choix des structures

Localisation	Support	Trafic			
		Fort T0 - T1	Moyen T2 - T3	Faible 10 à 50 PL/J	Très faible ≤ 10 PL/J (2 sens)
Rase campagne	Lisse sans ressuage	MDG 10/14 - 4/6	Mono 6/10 MDG 6/10 - 2/4 MDG 10/14 - 4/6	Mono 6/10	Mono 4/6 Mono 6/10
	Rugueux	Bic 10/14 - 4/6 Mono 6/10	Bic 6/10 - 2/4 Mono 6/10	Bic 6/10 - 2/4 Mono 6/10	Bic 6/10 - 2/4 Mono 4/6 (6/10)
	Très rugueux	Mono 4/6	Mono 4/6	Mono 4/6	Mono 4/6
	Hétérogène perméable	Déconseillé	Bic 10/14 - 4/6	Bic 6/10 - 2/14	Bic 6/10 - 2/14
	Hétérogène ressuant	Déconseillé	MPG 10/14 - 4/6	MPG 6/10 - 2/4	MPG 6/10 - 2/4
Agglomération	Lisse sans ressuage	Déconseillé	Mono 6/10 MDG 6/10 - 2/4	Mono 6/10	Mono 4/6
	Rugueux	Déconseillé	Bic 6/10 - 2/4 Mono 6/10	Bic 6/10 - 2/4 Mono 4/6	Bic 6/10 - 2/4 Mono 4/6
	Hétérogène perméable	Déconseillé	Bic 6/10 - 2/4	Bic 6/10 - 2/4	Bic 6/10 - 2/4
	Hétérogène ressuant	Déconseillé	MPG 6/10 - 2/4	MPG 6/10 - 2/4	MPG 6/10 - 2/4

Mono : monocouche simple gravillonnage

MDG : monocouche double gravillonnage

MPG : monocouche pregravillonné

Bic : bicouche

Les granularités 2/4 utilisées en deuxième couche de certaines structures peuvent être remplacées par des granularités 4/6.

B. CHOIX DU LIANT

B-1. NATURE DU LIANT

D'une façon générale, l'emploi d'émulsions permettra des réalisations d'enduits plus tôt ou plus tard dans l'année qu'avec des liants anhydres (particulièrement à partir de septembre lorsque le support atteint des températures inférieures à 10° C).

En structures monocouches, les liants anhydres sont les plus généralement choisis, les émulsions de bitume étant préférées en enduit bicouche.

Lorsque le trafic est important, T1/T0, les liants modifiés sous la forme anhydre ou en émulsion sont à retenir avec une préférence aux liants anhydres qui permettent une stabilisation plus rapide de l'enduit. Ce type de liant doit également s'envisager dans le cas de routes présentant des situations difficiles :

- efforts tangentiels (virages à faible rayon 15 – 20 m),
- contraintes climatiques (chaud l'été – froid l'hiver),
- contraintes d'exploitation (balayage rapide, par exemple).

B-2. CATÉGORIE DU LIANT

La nature du liant étant définie, il s'agit en fait de choisir sa viscosité. Ceci concerne essentiellement les liants anhydres mais est également valable pour les émulsions.

Le trafic et l'époque de réalisation sont les deux principaux paramètres qu'il y a lieu de considérer pour le choix de la viscosité. Il conviendra de tenir compte, dans certains cas, du climat du site :

- si trafic lourd et climat chaud : liant plus visqueux (1 600/3 200),
- si trafic faible et climat froid : liant moins visqueux (400/800).

En fait, le choix de la catégorie du liant doit être guidé par le souci de faciliter la mise en place et le mûrissement de l'enduit qui doivent être d'autant plus rapides que le trafic est lourd et intense et que l'on se trouve en arrière-saison.

Le tableau ci-après (6) donne certains principes à retenir pour le choix de la nature et de la catégorie du liant.

Tableau 6 : Domaine et période d'utilisation des liants

Trafic	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
Températures	< 10° C	10 - 15° C	> 15° C			10 - 15° C
Fort T0 - T1	<p style="text-align: center;">Liant anhydre modifié visqueux</p> <hr style="width: 50%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center;">Émulsion de liant modifié</p> <hr style="width: 80%; margin: auto;"/>					
Moyen T2 - T3	<p style="text-align: center;">Liant anhydre modifié</p> <hr style="width: 50%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center;">Bitume fluxé 1 600/3 200</p> <hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center;">Bitume fluxé 800/1 600 - Bitume fluidifié 800/1 400</p> <hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center;">Émulsion classique ou de liant modifié</p> <hr style="width: 80%; margin: auto;"/>					
Faible 10 à 50 PL/J	<p style="text-align: center;">Bitume fluxé 800/1 600 - Bitume fluidifié 800/1 400</p> <hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center;">Bitume fluxé 400/800 - Bitume fluidifié 400/600</p> <hr style="width: 50%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center;">Émulsion</p> <hr style="width: 80%; margin: auto;"/>					
Très faible <10 PL/J 2 sens	<p style="text-align: center;">Bitume fluxé 800/1 600 - Bitume fluidifié 800/1 400</p> <hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center;">Bitume fluxé 400/800 - Bitume fluidifié 400/600</p> <hr style="width: 50%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center;">Émulsion</p> <hr style="width: 80%; margin: auto;"/>					

Bien adapté
 Envisageable

C. CHOIX DE LA DIMENSION DES GRANULATS

La structure de l'enduit, le type de trafic et les caractéristiques du support sont les principaux paramètres à considérer pour le choix de la dimension des gravillons. Cependant, d'autres critères seront à prendre en compte, tels que la rugosité (obtention d'une bonne rugosité et maintien dans le temps, voir le paragraphe E.2) l'environnement (bruit de roulement) et la drainabilité superficielle.

La granularité 6/10 est la plus courante, mais une plus forte rugosité peut être obtenue avec du 10/14. En monocouche double gravillonnage et en monocouche prégravillonné, ce 10/14 est conjugué avec du 4/6, la discontinuité étant, par expérience, celle qui conduit au meilleur résultat.

En fonction de l'état du support et du trafic, la granularité pourra être adaptée :

- si trafic lourd et (ou) si support hétérogène : gravillons plus gros,
- si trafic faible et (ou) si support homogène : gravillons plus fins.

Dans le cas des enduits bicouches, la discontinuité de granularité entre les deux couches est préférable, mais l'utilisation de granularités jointives peut cependant s'envisager (enduit moins bruyant et moins de poinçonnement dans le support).

Le bruit de roulement pouvant être tenu pour une gêne dans les zones urbanisées, il peut être bon d'adopter un 6/10, voire un 4/6 (si le support est homogène et non poinçonnable) afin d'obtenir un enduit plus fin et moins bruyant.

D'une manière générale, pour obtenir un revêtement moins bruyant, il faut veiller à utiliser les granularités les plus fines compatibles avec le support et les conditions d'exploitation de la route. Si on opte pour un monocouche double gravillonnage, ce peut être un 6/10 - 2/4.

On retiendra les granulométries maximales suivantes :

- 6/10 pour les monocouches, 10/14 dans certains cas particuliers,
- 10/14 pour les multicouches, 14/20 dans certains cas très particuliers.

D. ADHÉSIVITE LIANT-GRANULATS

Le liant et les granulats sont souvent choisis séparément, aussi faut-il s'assurer que leur affinité est effective et qu'elle se maintient dans le temps.

L'affinité liant-granulats est déterminée par :

- la possibilité de mouillage des granulats par le liant,
- la permanence du collage en présence d'eau.

Lorsque les granulats sont secs, le mouillage par le liant ne présente pas, la plupart du temps, de difficultés dans la mesure où la propreté est correcte. L'adhésion mécanique ou adhésion globale s'apprécie au moyen de l'essai Vialit (norme NF P 98-274/1 - 2 - 3). Le test est considéré comme satisfaisant si le résultat est > 80.

Mais les granulats sont souvent humides, il faut alors s'assurer que le liant peut les mouiller dans ce cas. Il s'agit de l'adhésivité active. L'essai de plaque Vialit avec granulats humides permet d'apprécier cette adhésivité. Le test est considéré comme satisfaisant si le résultat est > 90.

Enfin, le couple liant-granulats étant créé, il faut s'assurer que la présence d'eau ne viendra pas rompre cette union. C'est l'adhésivité passive, qui s'apprécie par un essai de désenrobage en immersion statique dans l'eau "essai de tenue d'un film de liant en présence d'eau" (avant-projet de mode opératoire, mars 1973). Le test est considéré comme satisfaisant si le résultat est > 90.

Dans le cas de matériaux alluvionnaires, il y aura lieu de veiller tout particulièrement à l'adhésivité.

La figure 7 résume les étapes d'une étude d'adhésivité pour un liant et un granulat donnés, et les correctifs qui peuvent être envisagés.

Ainsi, lorsque les résultats de ces essais ne sont pas satisfaisants, on peut envisager une amélioration par différents moyens.

Au niveau du liant

Par incorporation dans la masse d'un dope d'adhésivité : c'est le dopage dans la masse.

Compte tenu de sa très faible concentration ($\approx 0,3$ % en poids de liant) et afin d'obtenir une bonne homogénéité, il est recommandé d'effectuer cette opération à poste fixe, avec des équipements adéquats.

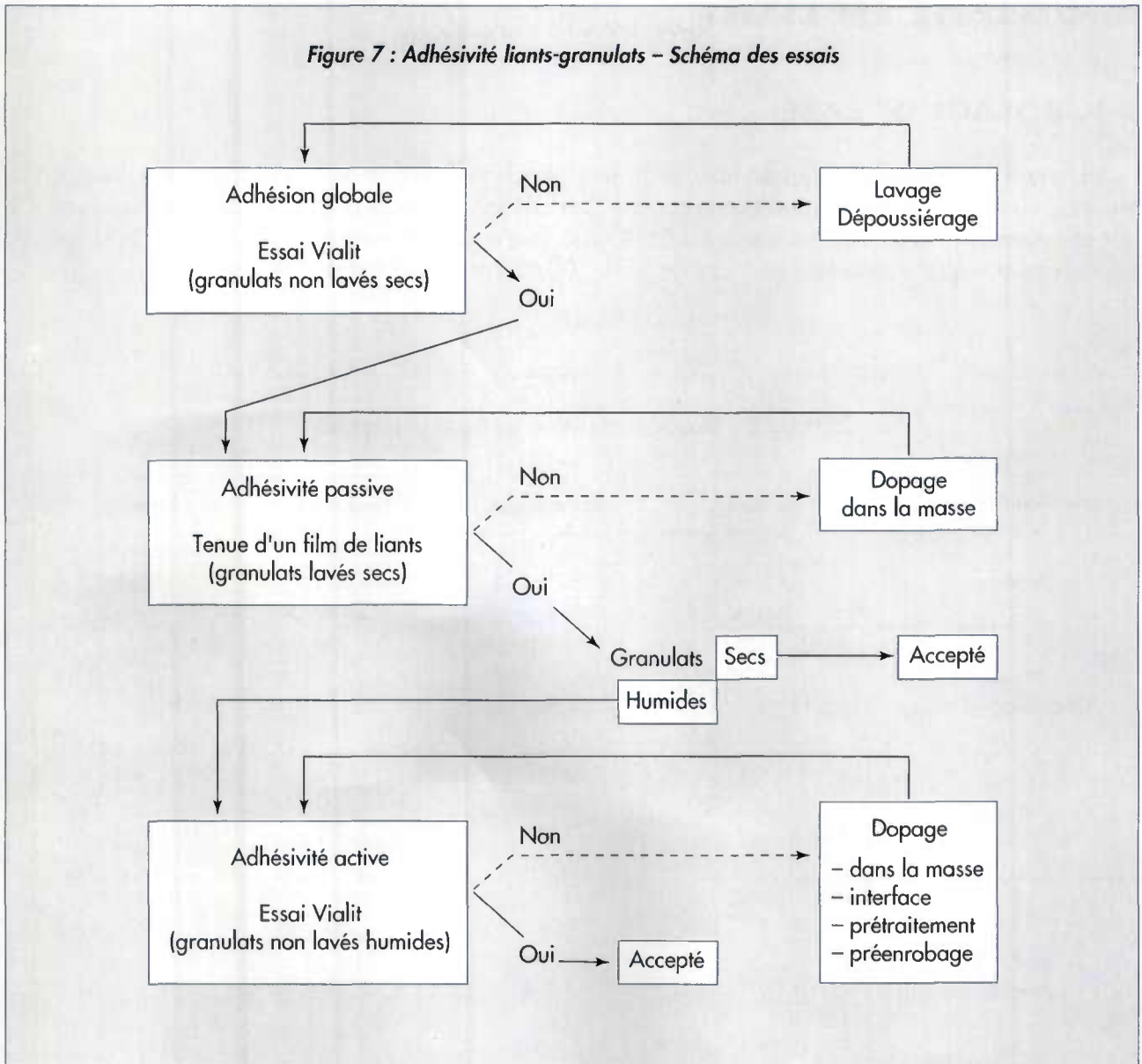
Au niveau des granulats

Par un lavage ou un dépoussiérage en carrière, afin d'obtenir des matériaux propres.

Par un traitement du granulat :

- **prétraitement** avec un **dope d'adhésivité**,
- **préenrobage** avec une émulsion,
- **laquage** en centrale d'enrobage avec un **bitume pur et dur**,
- séchage, chauffage et dépoussiérage en centrale d'enrobage.

Figure 7 : Adhésivité liants-granulats – Schéma des essais



A l'interface liant-granulats

Par l'application d'un dope d'adhésivité entre le liant et le granulat : c'est le dopage d'interface. Le dosage en produit pur appliqué est de l'ordre de 3 g/m². Le produit pulvérisé est une solution ou une dispersion généralement dosée à 10 % de produit actif.

Les moyens les plus souples, pour résoudre les problèmes d'adhésivité (en dehors de l'aspect propreté des gravillons), sont actuellement :

- le dopage dans la masse, qui a essentiellement une action de maintien du collage liant-gravillons dans le temps ;
- le dopage à l'interface qui permet surtout de favoriser le mouillage immédiat du granulat au contact avec le liant.

Afin de ne pas perturber la rupture des émulsions, le dopage dans la masse et celui de l'interface sont à proscrire ainsi que le traitement préalable des gravillons.

E. DOSAGE EN LIANT**E-1. DOSAGE DE BASE**

Le tableau 8 précise les dosages en liant de base à retenir en fonction de la structure de l'enduit, de la nature du liant et de la dimension des granulats. Ces dosages, donnés à titre indicatif, correspondent à une chaussée dont la surface est homogène, à texture lisse et sans ressuage (du type enrobé traditionnel, normalement usé) et supportant un trafic de 50 à 100 PL/j/sens (T3 faible).

Tableau 8 : Dosages de base en liant et gravillons

Structures	Granularité	Liant anhydre	Émul 69 %	Granulats
Monocauche	4/6	1,050	1,300	6 à 7
	6/10	1,350	1,750	8 à 9
	10/14	1,600	2,150	11 à 13
Monocauche double gravillonnage	6/10	1,300	1,750	6 à 7
	2/4			3 à 4
	10/14	1,550	2,150	8 à 9
Bicauche	4/6			4 à 5
	6/10	0,850	1,000	7 à 8
	2/4	0,850	1,300	4 à 5
	10/14	0,950	1,100	10 à 11
Monocauche prégravillonné	4/6			6 à 7
	2/4	1,050	1,300	5 à 6
	6/10			4 à 5
	2/4	1,350	1,750	7 à 8
	10/14			6 à 7
Bicauche prégravillonné	4/6	1,600	2,100	8 à 9
	10/14			7 à 8
	6/10	1,400	1,750	8
	4/6	1,400	1,650	8
	14/20			7 à 8
	10/14	1,600	1,950	9
	4/6	1,500	1,850	7
				7 à 8
			kg/m ²	L/m ²

E-2. CORRECTIF DE DOSAGE

A partir des différents paramètres suivants, propres à la section à revêtir, il y a lieu d'adapter le dosage de base.

Trafic

Le trafic poids-lourds, en général canalisé, tend à mettre en place la mosaïque, voire à favoriser, sous l'effet des vibrations, l'enfoncement des gravillons dans le support et la remontée du liant sur les gravillons. Sur les voies correspondantes, un sous-dosage de l'ordre de 10 à 15 % est à appliquer.

Par contre, sur les voies rapides des chaussées à 2 x 2 voies ou sur la voie centrale des chaussées à 3 voies, il faut considérer le faible nombre de poids-lourds sur celles-ci et généralement prévoir un surdosage en liant.

Enfin, lorsque le trafic est faible, un bon sertissage des granulats dans le liant n'est réalisé que par un surdosage pouvant atteindre 10 à 15 %, les risques de ressuage étant pratiquement inexistant dans ce cas.

État du support

Sa prise en compte est primordiale et peut s'appréhender en classant les chaussées de très rugueuses ou poreuses à lisses, voire grasses, en fonction de l'aspect et de la rugosité.

Dans le cas de chaussées lisses et grasses, une diminution de l'ordre de 5 à 10 % doit être envisagée. Pour des chaussées très rugueuses, un surdosage de 10 à 15 % doit être appliqué.

La mesure de la profondeur au sable (norme NF P 98-216-1) apporte une indication précieuse pour évaluer l'état de surface du support. Il faut également tenir compte de la porosité éventuelle, en particulier dans le cas de support en enrobé de faible dureté favorisant l'indentation des granulats.

Support	
Lisse	$HS \leq 0,8$
Normal	$0,8 < HS \leq 1,2$
Rugueux	$1,2 < HS \leq 1,7$
Très rugueux	$HS > 1,7$

Tracé

Le tracé de la section peut conduire à une adaptation du dosage en liant. Dans le cas de rampes importantes et de circulation lourde canalisée, il y a lieu de réduire le dosage. Dans des zones de virages où des efforts tangentiels importants se développent, un surdosage compatible avec le trafic est à prévoir.

Région, altitude, environnement

Le bon sens conduit à doser moins le liant en région chaude qu'en région froide, en basse altitude qu'en haute altitude. Une adaptation du dosage en liant est également à prévoir en fonction de l'ensoleillement et plus spécialement dans le cas de sections ombragées où le mûrissement de l'enduit est moins rapide.

Forme et dimension des granulats

Malgré les soins qui ont été apportés à l'approvisionnement des granulats, il est toujours nécessaire de vérifier leur dimension et leur aplatissement et d'ajuster en conséquence le dosage en liant.

Catégorie du liant

C'est le dosage en liant résiduel qui contribue à la bonne tenue dans le temps d'un enduit superficiel. L'adaptation de la viscosité du liant, pour permettre une bonne mise en oeuvre et faciliter la mise en place au jeune âge de l'enduit superficiel, doit être prise en compte pour le dosage en liant.

Époque de réalisation

Il est tentant, lors de la réalisation d'enduit en arrière saison, d'appliquer un film de liant plus épais, donc un dosage plus élevé. Cette opération, toujours délicate, est à manipuler avec précaution car on s'expose à des risques de ressuage au printemps suivant. Il est souvent préférable de se contenter d'un ajustement de la viscosité.

Cumul des correctifs

Le cumul des différentes corrections de dosage évoquées en fonction des divers paramètres peut conduire à un écart important par rapport au dosage de base.

Il est difficile d'apprécier les limites extrêmes tolérables. En fait, l'expérience a montré que souvent un écart supérieur à 30 – 35 % permettait encore des traitements corrects sur des routes peu circulées. Par contre, en sous dosage, le maximum semble se situer au niveau de -15 à -20 %.

Le tableau 9 permet une approche pour déterminer le correctif global à appliquer à un dosage de base pour un cas précis d'enduit superficiel à réaliser.

Tableau 9 : Correctif des dosages en liant

Paramètres		Mono MDG	MPG	Bicouche		Bic PG		
				Première couche	Seconde couche	Première couche	Seconde couche	
Trafic PL/J/sens	1	T0 > 750	- 15	- 14	- 15	- 15	- 14	- 14
	2	T1 300 à 750	- 12	- 11	- 12	- 12	- 11	- 11
	3	T2 150 à 300	- 8	- 7	- 8	- 8	- 7	- 7
	4	T3 + 100 à 150	- 5	- 4	- 5	- 5	- 4	- 4
	5	T3 - 50 à 100	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0
	6	T4 25 à 50	+ 5	+ 3	+ 5	+ 5	+ 3	+ 3
	7	T5 < 25	+ 10	+ 8	+ 10	+ 10	+ 8	+ 8
	8	Pas de PL	+ 12	+ 11	+ 12	+ 12	+ 11	+ 11
Environnement	1	Très ensoleillé	- 5	- 5	- 5	- 5	- 5	- 5
	2	Ensoleillé	- 2	- 2	- 2	- 2	- 2	- 2
	3	Normal	0	0	0	0	0	0
	4	Ombragé	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5
	5	Très ombragé	+ 10	+ 8	+ 10	+ 10	+ 8	+ 8
Profil en long	1	Droit et plat	0	0	0	0	0	0
	2	Droit montée	- 5	- 5	- 5	- 5	- 5	- 5
	3	Sinueux et plat	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2
	4	Sinueux montée	- 2	- 2	- 2	- 2	- 2	- 2
État du support	1	Maigre très rugueux	+ 18	+ 6	+ 15	+ 3	+ 6	+ 2
	2	Maigre rugueux	+ 12	+ 4	+ 10	+ 2	+ 4	+ 2
	3	Maigre peu rugueux	+ 6	+ 2	+ 5	+ 1	+ 2	+ 1
	4	Lisse sans ressuage	0	0	0	0	0	0
	5	Tendance ressuage	- 5	- 2	- 5	- 1	- 2	- 1
	6	Ressuage	- 10	- 4	- 10	- 2	- 4	- 2
Époque de réalisation	1	Avril/mai	0	0	0	0	0	0
	2	Juin/juillet/août	0	0	0	0	0	0
	3	À partir de septembre	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5
Catégorie du liant	1	Bitume fluxé 400/800	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4
	2	800/1 600	+ 3	+ 3	+ 3	+ 3	+ 3	+ 3
	3	1 600/3 200	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2
	4	Bitume fluidifié 400/600	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4
	5	800/1 400	+ 3	+ 3	+ 3	+ 3	+ 3	+ 3
	6	Bitume goudron 1 200	+ 9	+ 9	+ 9	+ 9	+ 9	+ 9
	7	2 000	+ 8	+ 8	+ 8	+ 8	+ 8	+ 8
	8	2 500	+ 7	+ 7	+ 7	+ 7	+ 7	+ 7
	9	Émulsion 65 %	+ 6	+ 6	+ 6	+ 6	+ 6	+ 6
	10	> 69 %	0	0	0	0	0	0
	11	Anhydre modif. visq.	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1
	12	Anhydre modif. très visq.	0	0	0	0	0	0
	13	Émulsion modifiée	0	0	0	0	0	0
Granulométrie	1	Normale	0	0	0	0	0	0
	2	Plus fine	- 5	- 5	- 4	- 2	- 4	- 2
	3	Plus grasse	+ 5	+ 5	+ 4	+ 2	+ 2	+ 2
Aplatissement	1	Normal	0	0	0	0	0	0
	2	Plats > 15 %	- 4	- 4	- 4	- 2	- 4	- 2
	3	Plats < 10 %	+ 4	+ 4	+ 4	+ 2	+ 4	+ 2
Région	1	Chaude	- 4	- 4	- 4	- 4	- 4	- 4
	2	Tempérée	0	0	0	0	0	0
	3	Froide	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4
Altitude	1	< 500 m.	0	0	0	0	0	0
	2	500 à 1 000 m.	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2
	3	> 1 000 m.	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4
Dureté du support	1	Non poinçonnable	0	0	0	0	0	0
	2	Très poinçonnable	- 7	- 7	- 7	0	- 7	0
Perméabilité	1	Perméable	+ 5	+ 5	+ 5	0	+ 5	0
	2	Imperméable	0	0	0	0	0	0

F. DOSAGE EN GRANULATS

Les dosages en granulats figurant dans le tableau 8 ne sont qu'indicatifs. Préalablement au démarrage du chantier, il est nécessaire de déterminer le pouvoir couvrant des granulats effectivement livrés.

Pour les principales structures d'enduits, les principes suivants peuvent être retenus.

Enduit monocouche simple gravillonnage

Si un faible rejet est inévitable, il faut cependant éviter de trop surdoser car les granulats excédentaires interdisent la mise en place et la stabilisation sous le trafic de la couche monogranulaire indispensable.

Pour cette structure, le dosage à retenir doit être celui correspondant au pouvoir couvrant + 5 % maximum.

Enduit monocouche double gravillonnage

L'objectif à viser est l'obtention d'une grille primaire des gros granulats laissant apparaître environ 1/4 de la surface du liant répandu, le granulat de petit calibre venant remplir ces vides avec un dosage tel qu'il laisse apparente la tête des gros granulats.

Ces dosages doivent en effet conduire à la formation d'une mosaïque permettant une bonne drainabilité de surface.

Ces dosages doivent en outre permettre :

- le passage des engins de chantier sans collage des pneumatiques au liant,
- le compactage des deux couches de granulats.

Pour cette structure, les dosages à retenir sont :
- première couche : le pouvoir couvrant - 25 %,
- seconde couche : le pouvoir couvrant - 20 à - 30 %.

Enduit monocouche prégravillonné

Selon la rugosité désirée, il y aura lieu de moduler le dosage de la première couche de gravillons. Le mode d'exécution de cette technique conduisant à enrober les gros granulats, un surdosage en petits granulats devra conduire à recouvrir la totalité de la surface afin de permettre le passage des engins de chantier sans collage aux pneumatiques.

Pour cette structure, les dosages à retenir sont :
- première couche : le pouvoir couvrant - 15 à - 20 % selon rugosité finale désirée,
- seconde couche : le pouvoir couvrant + 10 %.

Enduit bicouche

Bien que, par définition, ces enduits soient la superposition de deux couches, les dosages à adopter sont en première couche légèrement plus faibles que pour un monocouche afin d'exclure tout excès (de légers manques éventuels ne sont pas gênants), la seconde couche sera légèrement surdosée afin de recouvrir la totalité de la surface pour permettre le passage des engins de chantiers sans collage aux pneumatiques.

- Pour cette structure, les dosages à retenir sont :
- première couche : le pouvoir couvrant - 5 à 0 %,
 - seconde couche : le pouvoir couvrant + 5 à + 10 %.

Enduit bicouche prégravillonné

Les différents granulats sont répandus dans l'ordre décroissant des granulométries.

Les premiers gravillons répandus à sec doivent présenter une grille assez ouverte. Les gravillons de la deuxième couche doivent être jointifs sans excès. La dernière couche de gravillons sera légèrement surdosée.

- Pour cette structure, les dosages à retenir sont :
- première couche : le pouvoir couvrant - 20 à - 25 %,
 - seconde couche : le pouvoir couvrant - 5 % à 0 %,
 - troisième couche : le pouvoir couvrant + 10 %.

Page laissée blanche intentionnellement

Chapitre III

Préparation des chantiers

Une programmation et une préparation établies judicieusement, suffisamment en amont de l'intervention, constituent des éléments fondamentaux dans la réussite d'un chantier d'enduit.

Il semble souhaitable que ces deux opérations s'échelonnent chronologiquement sur trois années successives (N étant l'année de référence de la réalisation de l'enduit).

A. PROGRAMMATION

A-1. ANNÉE N-2. PROGRAMMATION GÉNÉRALE DES CHANTIERS

La réflexion que doit conduire le gestionnaire des réseaux s'établit à partir de l'analyse des divers critères de l'entretien préventif, tels qu'ils sont définis par le guide.

Il s'agit à ce stade :

- de la surveillance des chaussées qui permet de suivre visuellement le comportement du dernier revêtement de surface, qu'il s'agisse d'un ancien enduit ou d'un enrobé,
- du suivi de l'évolution structurelle du support en fonction du trafic,
- de l'élaboration et de la programmation, tant matérielle que financière des travaux préparatoires, en particulier s'ils sont structurels.

A-2. ANNÉE N-1. PROGRAMMATION DES TRAVAUX PRÉPARATOIRES



De façon habituelle, il faut essayer d'obtenir un support le plus homogène possible, même si les structures prégravillonnées (monocouches et plus encore bicouche) permettent une relative tolérance dans ce domaine.

Les travaux nécessaires sont exécutés dans l'année précédant celle de l'exécution des enduits, afin de permettre aux réparations de subir les effets de la circulation suffisamment en amont de l'application de l'enduit (petits départs de matériaux, post compactage, mûrissement pour certaines techniques). Seules les éventuelles dégradations apparues durant l'hiver doivent être traitées au printemps, le plus tôt possible avant le démarrage de la période d'enduisage.

Préparation des supports

Ce chapitre traite uniquement des préparations des supports en surface.

• **Les déformations**

Elles sont prises en considération à partir de 3 cm de profondeur. Elles sont traitées de préférence par reprofilage avec des matériaux bitumineux.

Le choix de la nature des matériaux bitumineux est fait en particulier en tenant compte de l'importance de la circulation. **Les enrobés à chaud** 0/6 ou 0/10, suivant l'épaisseur appliquée, sont bien adaptés aux réparations sur chaussées supportant un trafic élevé (routes nationales et routes départementales très circulées, > T1). Ils doivent toujours être utilisés sur une couche d'accrochage à l'émulsion de bitume.

Les enrobés à froid et les graves émulsion sont d'utilisation plus souple. Suivant la nature et la quantité du fluxant employé, certains de ces matériaux sont stockables. Les graves émulsions sont définies par la norme NP P 98-121 (août 1992).

• **Les faïençages**

Ils sont imperméabilisés en emplois partiels à l'émulsion selon la technique du "monocouche prégravillonné". On peut utiliser les dosages suivants :

- 4 à 6 litres/m² de gravillon 4/6,
- 1,5 à 2 kg/m² d'émulsion à 65 %,
- 5 à 6 litres/m² de gravillon 4/6 ou 2/4.

Les fissures transversales de retrait ouvertes sont pontées à chaud par application d'un mastic spécial.

Pour les trafics moyens à forts, et sur support généralement microfissuré, poreux, plumé, la préparation peut consister en l'application d'un coulis 0/4 dosé de 5 à 7 kg/m². Ce type de préparation permet d'obtenir une excellente homogénéité et imperméabilisation du support qu'on peut recouvrir par un enduit monocouche après mise sous circulation, de l'ordre d'au moins une semaine.

• **Les arrachements**

Les nids de poule sont bouchés dès leur apparition avec des enrobés denses qui peuvent être fabriqués à base de bitume ou d'émulsion de bitume. Si la réparation présente un aspect trop ouvert, on imperméabilisera la surface.

Les pelades ne sont traitées par bouchage aux enrobés à chauds que si elles apparaissent de manière partielle sur des enrobés. En cas de désordre généralisé, la réparation est du domaine de la couche d'enrobé.

Le plumage généralisé est traité par un enduit monocouche. En cas d'apparition de zones ponctuellement plumées, il est souhaitable d'effectuer des reprises à la rampe, avec un matériel d'enduisage, afin d'obtenir une meilleure homogénéité du support.

• **Le ressuage**

On peut utiliser la **technique du cloutage**, à effectuer par période la plus chaude possible en épandant des gravillons sans fines sur les parties ressuanes. La granulométrie est choisie en fonction de l'importance du film de liant sur la chaussée et des possibilités d'indentation (2/4 à 6/10, voir 10/14 pour des zones très ressuanes).

On peut avantageusement utiliser des gravillons chauds et dépoussiérés par passage dans un sécheur de centrale d'enrobés (160° C) que l'on a préalablement isolé du recyclage des fines. A titre indicatif, les quantités à épandre sont :

2/4 ou 4/6 : 4 litres/m ²
6/10 : 6 litres/m ²
10/14 : 8 litres/m ²

Ces gravillons sont enchassés par passage d'un cylindre à jantes lisses lourd.

On peut également utiliser un enduisage des parties les plus ressuanes avec une **structure prégravillonnée** (cf. formules indiquées au chapitre formulation) en réduisant sensiblement les quantités de liant et en choisissant des granulométries 6/10 ou 10/14 pour la première grille en fonction de l'importance du ressuage.

En outre, beaucoup d'entreprises disposant actuellement de matériels de fraisage, on peut aussi procéder à l'enlèvement de la couche superficielle ressuanne, à l'aide de cette technique qui permet également un certain reprofilage du support. Dans ce cas, il faudra veiller à ce que la réduction d'épaisseur ne conduise pas à un affaiblissement de la structure.

Entretien des accotements - Drainage

Comme le traitement des dégradations, cet entretien, sauf cas d'urgence, est effectué dans l'année précédant celle de l'exécution des enduits. Tous les dispositifs participant au drainage sont vérifiés et si besoin est, entretenus ou remis en bon état de fonctionnement (accotements, saignées, fossés, drains, avaloirs, exutoires divers).

Tout envahissement de la chaussée par la végétation est éliminé, en particulier l'élagage des arbres peut être programmé à cette occasion.

A-3. ANNÉE N. PRÉPARATIONS AVANT RÉALISATION DE L'ENDUIT

La programmation des chantiers d'enduits à réaliser au cours de la campagne de l'année N tient compte, en particulier, des derniers éléments suivants :

- **Les sections à revêtir doivent présenter une certaine homogénéité de surface.** La notion d'itinéraire doit être prise en compte en évitant le morcellement excessif des tronçons.
- **Les risques d'échecs sur les différents chantiers.** Les sections à "haut risque" (trafic, environnement) sont revêtues de préférence en période climatique la plus favorable (fin juin et juillet). Il en va de même pour les sections utilisant des liants visqueux (cas des liants modifiés).

Les tronçons supportant des pointes de trafic, saisonnier par exemple, doivent être traités en dehors de ces périodes chargées.

L'utilisation de liants de nature différente durant la campagne influe directement sur le déroulement du programme courant (rinçage d'épanduses, approvisionnements).

- **L'exécution des derniers travaux préparatoires** (délignages, fauchage...) ou réparations superficielles.

D'une manière générale, le planning de l'année N peut s'envisager comme suit.

Préparation

• Janvier – février

- Visite des réseaux. Ajustement du programme en fonction de l'évolution des chaussées après l'hiver.
- Choix définitif du programme.
- Choix de la formulation, du liant, des dosages, de la période de mise en œuvre, notamment pour les routes à fort trafic.
- Préparation du marché et lancement de la consultation des entreprises (éventuellement).
- Commande de gravillons.

Programmation

• Mars

- Travaux préparatoires complémentaires sur la chaussée si nécessaire.
- Vérification du bon état des aires de stockage des gravillons. Travaux préparatoires si nécessaire.

• Avril

- La totalité des approvisionnements en gravillons devra être assurée avant le démarrage de chaque section. Préalablement, ils seront contrôlés et réceptionnés.
- Délégnement des accotements (si nécessaire).
- Choix définitif de la date de réalisation.
- Choix des dosages après concertation avec l'équipe de répannage.
- Fauchage des accotements (si nécessaire).

Réalisation

• Avril

- Début de la réalisation des enduits sur les routes à faible et très faible trafic.

• Mai

- Suite du programme enduit sur routes à moyen trafic.

• Juin

- Réalisation des enduits sur routes à fort trafic.

• Juillet – août – septembre

- Suite du programme d'enduits (deuxième rotation) chantiers courants.

B. PÉRIODE DE RÉALISATION

Le choix de la période de réalisation est important, notamment pour les routes à fort trafic où le liant utilisé doit être un liant très visqueux qui nécessite une mise en œuvre par beau temps pour autoriser un délai de mûrissement suffisant. A l'inverse, on est moins exigeant pour les routes peu ou très peu circulées. Il est préférable de commencer la saison des enduits aussitôt que possible (début avril) si les conditions météo le permettent, de façon à terminer **au plus tard fin septembre**. La préparation des sections à traiter et l'approvisionnement des granulats doivent permettre cette programmation.

Le maître d'œuvre et la maîtrise d'ouvrage ont une responsabilité importante vis-à-vis de cette programmation dont peut dépendre en grande partie la réussite de l'enduit.

C. PRÉPARATION DES AIRES DE STOCKAGE DES GRAVILLONS

Les dispositions préconisées par le guide SETRA-LCPC *Stockage des granulats* de mars 1981 sont applicables.

Afin d'assurer une rotation correcte des camions d'approvisionnement du chantier, les dépôts ne doivent pas être distants de plus de 5 à 8 km du chantier.

Ces aires de stockage doivent être facilement accessibles aux camions de gros tonnages assurant les approvisionnements généraux (aménagement d'un accès et d'une sortie séparés), en évitant de créer des désagréments pour les riverains et les usagers de la route.

La qualité d'un enduit étant liée directement à la propreté des granulats, il faut veiller à ce que l'aire de stockage dispose d'une assise support bien drainée de qualité suffisante pour éviter toute pollution (éviter les dépôts en bordure immédiate des routes).

Si plusieurs granulométries sont stockées sur le même dépôt, il convient d'organiser ce dernier afin d'éviter le mélange des divers stocks.

Page laissée blanche intentionnellement

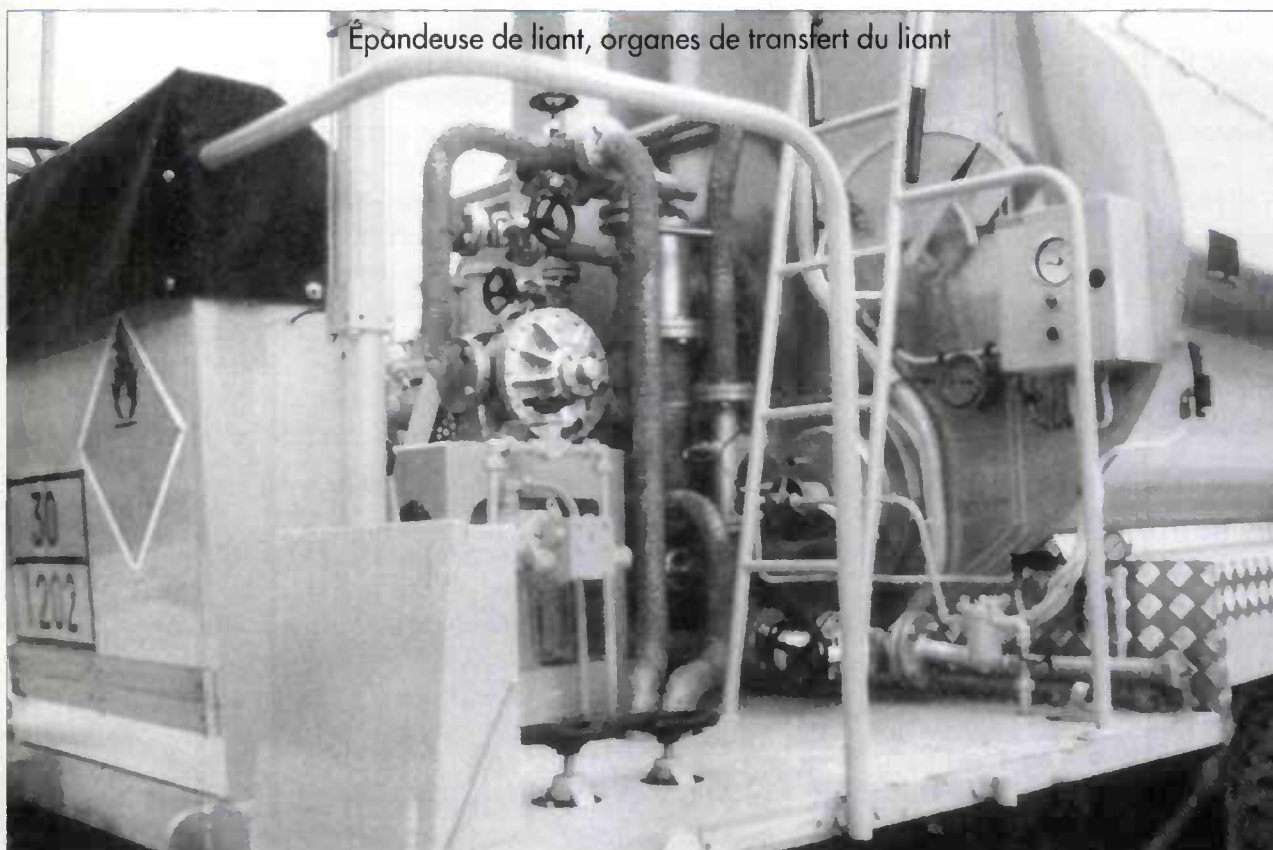
Chapitre IV

Matériels

Page laissée blanche intentionnellement

A. LES ÉPANDEUSES DE LIANT

(norme terminologie NF 98-707)



Les épanduses de liants fonctionnent selon l'un des trois principes suivants :

- à **pompe doseuse** : tout le liant passant par la pompe est répandu sur la chaussée,
- à **pompe et à pression constante** : une partie du liant passant dans la pompe retourne à la citerne, un dispositif maintient une pression constante dans le système d'épandage,
- à **pression par air comprimé**. Notons que ces systèmes d'épandage par pression à l'intérieur de la cuve à liant ont pratiquement disparu et ne permettaient que l'application de liants froids, donc uniquement des émulsions de bitume.

Pratiquement toutes les épanduses modernes fonctionnent sur le principe de la pompe doseuse. Ce mode de fonctionnement couplé à un automatisme permet de maîtriser tous les paramètres d'épandage dans toute la gamme d'utilisation requise.

- **La cuve de stockage du liant**, d'une capacité de 6 000 à 22 000 litres, doit être obligatoirement calorifugée. Dans le cas d'utilisation de liant anhydre, elle doit comporter un système de chauffage permettant de maintenir le liant à la température d'épandage. Dans ce cas, il est préférable d'utiliser un chauffage par fluide caloporteur qui donne une meilleure répartition thermique. Les citernes sont équipées d'indicateurs de niveau et de température. De plus, les citernes à dispositif de chauffage doivent être équipées de détecteur de niveau minimal et maximal, et de thermostat. Ces matériels doivent être conformes à la réglementation en vigueur sur le transport des matières dangereuses.

● **L'utilisation d'une pompe** asservie à la vitesse du véhicule porteur est indispensable à la bonne réussite de l'enduit car elle permet de maintenir un dosage en liant constant si la vitesse du camion varie. Le dispositif de filtration doit être vérifié très régulièrement afin de prévenir tout colmatage pouvant entraîner un sous-dosage.

Lors de l'épandage, le retour du liant à la citerne est interdit par une vanne. Il y a donc lieu de s'assurer du bon fonctionnement de celle-ci sous peine d'obtenir un sous-dosage.

Les épanduses modernes sont équipées d'un dispositif électronique qui permet une variation instantanée du dosage.

La densité du produit à la température d'épandage entre dans la détermination du dosage requis. Il est donc nécessaire de connaître l'abaque densité/température pour le produit utilisé. Cette valeur, très souvent ignorée, entraîne des erreurs parfois importantes sur le dosage appliqué.

Certaines épanduses sont équipées d'un débitmètre massique qui permet de connaître avec précision la quantité de liant débitée par la pompe. Couplé à un automatisme, ce dispositif permet d'obtenir des dosages avec une précision de l'ordre de 1%, mais nécessite des précautions d'emploi, tel le calage fréquent de l'électronique.

● **Le liant est répandu par l'intermédiaire d'une rampe qui peut être constituée :**

– de plusieurs corps télescopiques,

– d'un corps principal et d'extensions repliables permettant d'épandre au-delà du gabarit routier autorisé.

Les rampes dites télescopiques, en développement apportent à l'applicateur une facilité de mise en œuvre très appréciable lorsque la section à revêtir présente des variations de largeur. Dans le cas d'utilisation de diffuseur correcteur de débit en extrémité de rampe, elle permet de conserver cette correction en rive. Le schéma suivant indique les largeurs à prendre en considération pour le calcul du dosage moyen et montre l'effet du jet correcteur (fig. a).

Les corps de rampe sont désormais équipés de plusieurs diffuseurs équidistants de 10 cm qui fournissent :

– soit des jets coniques pour un épandage réalisé à haute pression (pression rampe > 0,2 MPa),

– soit des jets à lames plates triangulaires. Ce type de fonctionnement le plus couramment utilisé est à moyenne pression (0,02 à 0,2 MPa).

Pour obtenir une régularité transversale d'épandage satisfaisante, il est nécessaire de maintenir la hauteur de la rampe à celle qui correspond au recouvrement au sol de trois lames de liant (fig. b).

L'angle au sommet du jet est fonction :

– de la forme et de l'état du diffuseur,

– de la pression dans la rampe,

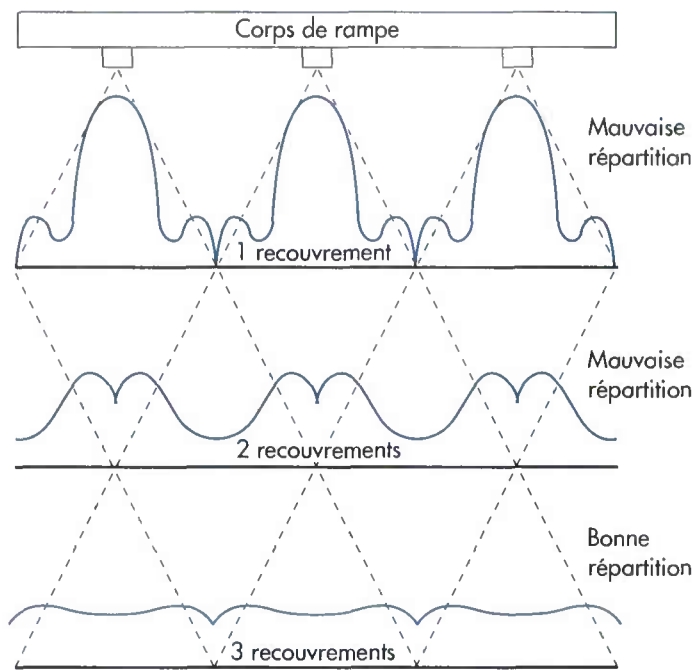
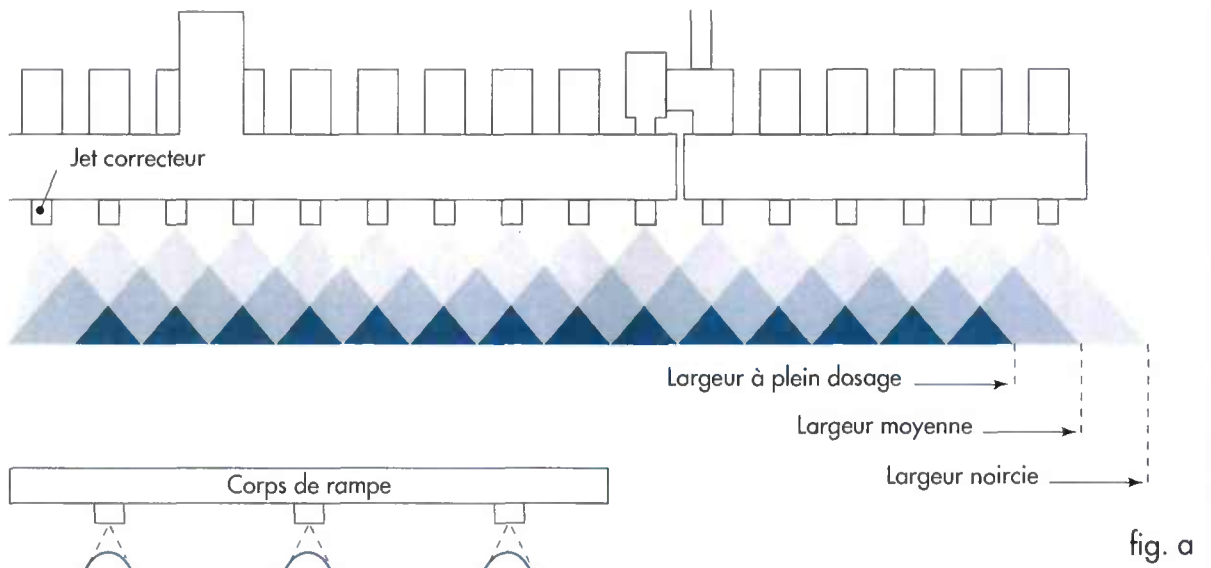
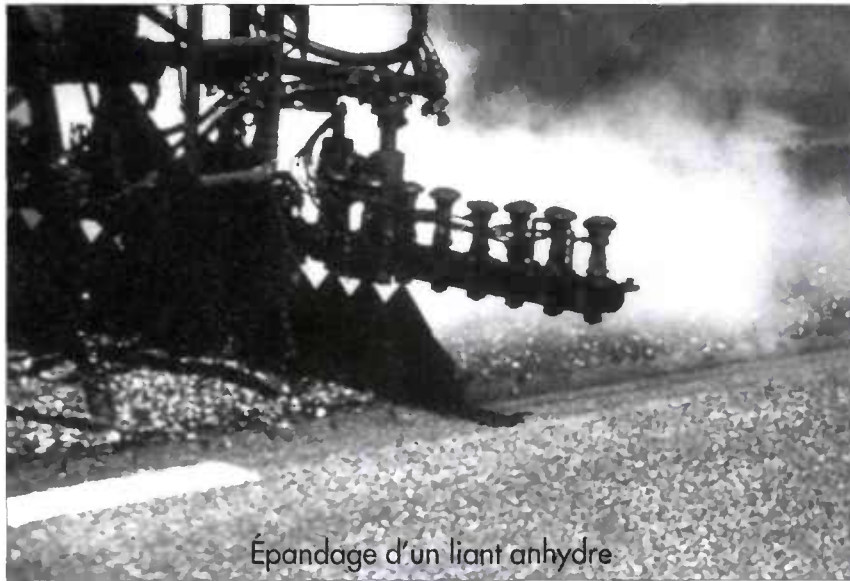
– de la viscosité du liant.

Par exemple, une baisse de température du liant va entraîner une augmentation de sa viscosité et donc une diminution de l'angle au sommet qui se traduit par un peignage de l'enduit.

Lorsqu'elles sont bien réglées, ces épanduses permettent d'obtenir :

– une régularité transversale satisfaisante. Le coefficient de variation transversale est inférieur à 3,5 % au banc d'essai de la SEMR de Blois et inférieur à 7 % *in situ* avec la règle LCPC.

– un écart de dosage acceptable. L'écart de dosage est au maximum de 5 %, dans la gamme de dosage de 0,800 à 2,0 kg/m² et lorsque la largeur d'épandage varie de 1 m à la pleine largeur de la rampe.



B. LES GRAVILLONNEURS

(norme terminologie NF P 98 - 709)

B-1. LES GRAVILLONNEURS PORTÉS



Le gravillonneur porté fixé à la place du hayon arrière de la benne comporte un dispositif de distribution des gravillons qui doit permettre les réglages du dosage et de la largeur de répannage. Les matériels existants comportent tous un diffuseur à ailerons repliables servant d'élargisseurs, afin d'éviter aux roues avant du véhicule de rouler sur le bitume frais lors du répannage en virage. Ce diffuseur peut être plat ou galbé.

En cours de gravillonnage, la benne est inclinée d'un angle de 30 à 40° par rapport à l'horizontale. Il est recommandé que l'inclinaison de la benne puisse être commandée à partir du poste de conduite situé à l'arrière du véhicule.

Celle-ci doit comporter au moins une écluse afin d'assurer un approvisionnement uniforme du rouleau et éviter toute surcharge sur la partie arrière du châssis.

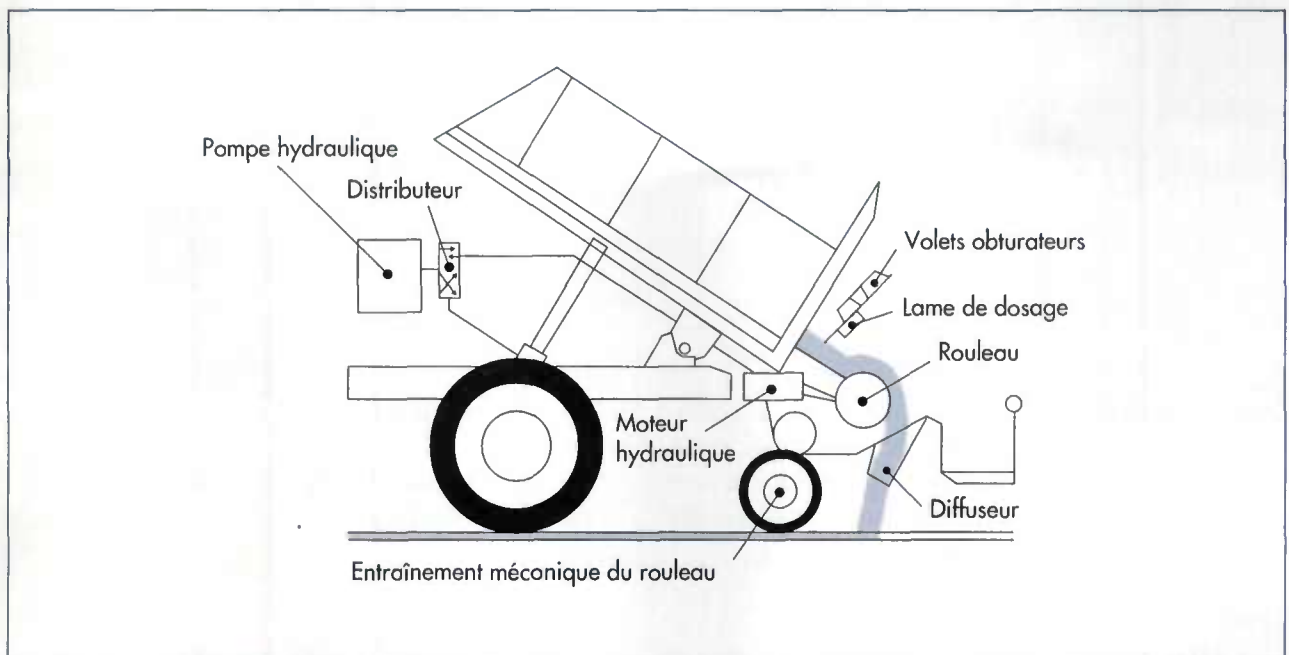
Le dosage est obtenu par le réglage de la hauteur du passage entre le rouleau et une lame (soit unique sur toute la largeur, soit constituée de plusieurs trappes). L'ouverture de cette lame de dosage doit être au moins égale à trois fois la dimension du plus gros gravillon (règle des 3D) et inférieure à l'ouverture conduisant à l'écoulement naturel des gravillons, le rouleau étant à l'arrêt. Les commandes à leviers sont remplacées par des commandes précises avec volant et vis micrométrique de réglage.

Le réglage de la largeur de répannage est effectué en sélectionnant l'ouverture ou la fermeture de trappes. Les commandes individuelles mécaniques sont remplacées par des commandes à vérins pneumatiques, la largeur de répannage est limitée à 3,20 m, ce qui rend bien souvent le gravillonnage impossible en une seule passe derrière l'épandeuse.

Le peignage constaté avec les gravillons de petites dimensions (2/4 et 4/6,3) est considérablement diminué avec l'utilisation d'un répartiteur correctement positionné sous le diffuseur.

Certains équipements possèdent un poste de conduite inclinable par vérin hydraulique, de manière à le garder horizontal quel que soit le profil longitudinal de la chaussée. Dans ce cas, le diffuseur est solidaire du poste de conduite et garde une inclinaison constante par rapport à la verticale.

Les gravillonneurs portés à rouleau distributeur

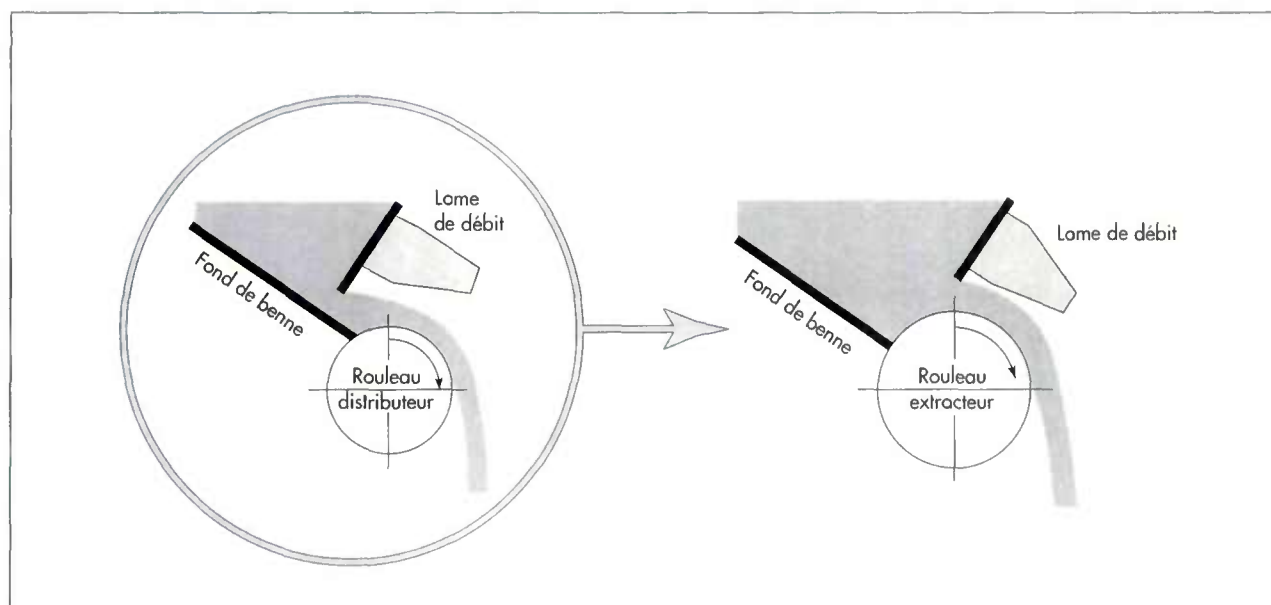


La distribution des gravillons est effectuée en fond de benne par la rotation d'un rouleau cylindrique lisse, généralement de petit diamètre (≤ 250 mm). Ce rouleau étant seulement égalisateur, la régularité transversale n'est pas satisfaisante : sous-dosage au centre et surdosage aux extrémités (effet de paroi).

L'influence de l'inclinaison de la benne est très importante, le dosage varie avec celle-ci. La variation de dosage en fonction de la vitesse du véhicule est également importante, car le débit des gravillons n'est pas proportionnel à la vitesse de rotation du rouleau. Le flot de gravillons s'écoule par gravité.

Avec ce type de matériel, il est indispensable de travailler à inclinaison de benne constante (ou de corriger le dosage) et à la vitesse du véhicule avec laquelle le dosage, en début de chantier, a été déterminé.

Les gravillonneurs portés à rouleau extracteur



Ce type de matériel diffère du gravillonneur porté à rouleau distributeur par :

- le rouleau qui doit avoir un diamètre supérieur à 300 mm,
- la lame de débit qui doit être placée dans le plan de la génératrice supérieure du rouleau,
- la position du rouleau qui doit garantir une distance entre le fond de benne et l'extrémité de la lame de débit supérieure à 100 mm.

Il permet d'obtenir :

- un débit des gravillons indépendant de l'inclinaison de la benne dans la plage de variation de 30 à 40° et proportionnel à la vitesse de rotation du rouleau, dans la plage de 10 à 40 tr/min,
- un dosage au sol constant à 5 % près, quelle que soit l'inclinaison de la benne dans la plage de 30 à 40° et quelle que soit la vitesse du véhicule dans la plage de 3 à 6 km/h,
- une régularité transversale satisfaisante (CVT ≈ 10 %),
- une régularité longitudinale pour des courtes longueurs d'onde (≤ 50 cm) excellente (CVL ≈ 5%) si le rouleau est correctement conçu et si le phénomène de moutonnement ne se produit pas.

Le phénomène du moutonnement

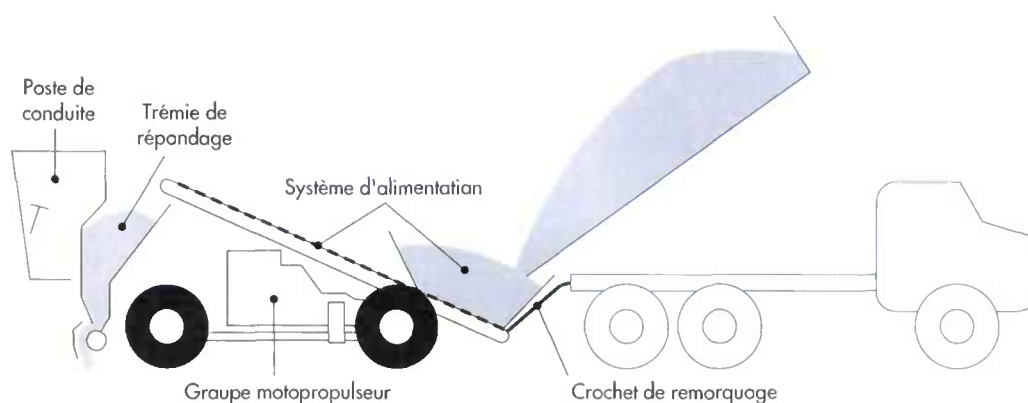
Déjà avec les gravillonneurs portés à rouleau distributeur, il avait été constaté des irrégularités longitudinales lors du gravillonnage. Ce phénomène s'est souvent généralisé avec l'utilisation des gravillonneurs portés à rouleau extracteur installés sur des camions à cabine plus avancée que les précédents. Il est à noter que l'étude de ce phénomène est en cours.

Autres gravillonneurs portés

- A tapis extracteur,
- extensible à rouleaux.

B-2. LES GRAVILLONNEURS AUTOMOTEURS

Ils permettent de répandre les gravillons en une seule passe de largeur identique à celle de l'épandeuse. Le répandage est effectué en "marche avant". Les engins ont une configuration semblable à celle des finisseurs : chargement par camions qui déversent les gravillons dans une trémie de réception à l'arrière, ceux-ci sont acheminés par deux convoyeurs dans une trémie de répandage à l'avant. Le poste de pilotage est situé, le plus souvent, à l'avant.



Initialement à largeur constante, ces engins sont aujourd'hui extensibles : une partie centrale à rouleau extracteur, de largeur égale à 2,50 m et deux extensions possédant chacune un rouleau extracteur de largeur égale à 60 cm. Le répandage des gravillons est asservi à la vitesse du véhicule.

Résultats obtenus :

- régularité transversale : 5 à 10 %,
- régularité longitudinale : 5 à 10 %,
- dosage constant (à 5 % près) quelle que soit la vitesse d'avancement du gravillonneur automoteur dans une plage de 3 à 6 km/h,
- le dosage ne dépend pas du niveau de remplissage de la trémie de répandage.

Caractéristiques de dosage des gravillonneurs obtenues à la SEMR de Blois en poste fixe

Type de gravillonneur		Régularité transversale	Régularité longitudinale ≤ 50 cm	Influence sur le dosage	
				Inclinaison benne	Vitesse d'avancement du véhicule
Gravillonneur porté	à rouleau distributeur	15 à 30 %	8 à 15 %	50 à 100 %	50 à 100 %
	à rouleau extracteur	≈ 10 %	≈ 5 % ⁽¹⁾	≤ 5 %	≤ 5 %
Gravillonneur automoteur		5 à 10 %	5 à 10 %	sans objet	≈ 5 %

(1) hors phénomène de moutonnement

C. LES MATÉRIELS D'ÉPANDAGES SIMULTANÉS

Ces machines permettent d'épandre simultanément le liant et les granulats, favorisant ainsi le mouillage. C'est l'association d'une épandeuse de liant et d'un gravillonneur rassemblés sur un même porteur. Certaines machines ajoutent même à ces deux fonctions celle du séchage des gravillons, améliorant ainsi l'adhésivité.

Elles facilitent la réalisation de l'enduit sous réserve que les volumes de stockage en liant et granulats permettent l'application de sections importantes.

Les points à temps automatiques

Ces machines permettent également d'épandre simultanément le liant et les granulats, elles sont généralement utilisées pour effectuer des réparations ponctuelles avant la réalisation de l'enduit.



D. LES MATÉRIELS BANALISÉS

D-1. LES COMPACTEURS

Différents types de compacteurs sont actuellement utilisés.

Les compacteurs à pneumatiques

Ces compacteurs possèdent en général 7 à 9 roues, chargées de 1,5 à 3 tonnes par roue.

Ils sont bien adaptés aux routes à trafic fort et moyen. On veillera à avoir une pression de gonflage des pneumatiques aussi élevée que possible (de l'ordre de 0,7 à 0,8 MPa).

Le nombre de passes, au minimum 3 pour les routes à fort trafic, doit être le plus élevé possible pour les faibles trafics (au moins 6 à 8 passes).

L'utilisation de pneus sculptés en fin d'opération de cylindrage favorise une première mise en place de la mosaïque.

Les cylindres à jantes lisses

Ils doivent être utilisés sans vibrations (2 à 3 passes) et avoir une charge par centimètre de génératrice < 30 kg, ainsi qu'une largeur aussi réduite que possible. Ils sont utilisés essentiellement sur les routes à faible trafic présentant un bon profil transversal.

En couchant les gravillons, ils améliorent la stabilité de l'enduit qui ne peut être obtenue par le trafic. Notamment sur les enduits bicouche et monocouche prégravillonné, ils permettent une meilleure fermeture de l'enduit et donc une plus grande pérennité.

Ils doivent toujours être associés à un compacteur à pneus.

Les cylindres mixtes pneus-bille

Ils allient l'efficacité des deux modes de compactage précédents.

Il doit s'agir cependant de matériels adaptés aux travaux d'enduisage (rapides et pas trop lourds) et non de matériels destinés à la construction des chaussées.

Une variante consistant à remplacer la bille par un cylindre à bandage caoutchouc permet leur utilisation en vibration sans écrasement des gravillons.

D-2. ENGINES DE REPRISE ET DE CHARGEMENT

Différents matériels peuvent être utilisés :

- chargeur à benne frontale,
- chargeur muni d'une chaîne à godets,
- pelle équipée en benne preneuse.

Chacun d'eux à ses avantages et ses inconvénients ; leur rendement doit être adapté aux cadences demandées sur chantier. Quant à leur choix sera fixé par des considérations locales (disponibilité, encombrement, adaptation aux aires de stockage...).

En fait, il est nécessaire de prendre toute disposition afin que lors des reprises il n'y ait pas d'évolution de la dimension des granulats et surtout de leur propreté.

D-3. LE MATÉRIEL D'ÉLIMINATION DES REJETS

L'opération de balayage est nécessaire :

- avant l'épandage du liant, afin de nettoyer le support,
- après l'exécution de l'enduit, afin d'éliminer les rejets de gravillons.

Différents types de matériels peuvent être utilisés.

Les balayeuses mécaniques

En rase campagne, ce type de balayeuses est bien adapté. Il en existe trois modèles.

- **Les tractées**, robustes, peuvent être mises en service rapidement derrière le véhicule remorqueur. Elles sont peu maniables.
- **Les semi-portées**, généralement adaptées sur des tracteurs agricoles, présentent une bonne maniabilité. Les conditions de travail sont contraignantes et salissantes.
- **Les automotrices**, qui ont leur propre châssis porteur et propulseur, sont très maniables. Elles permettent de bien maîtriser la pression au sol du balai et sa vitesse de rotation.

Les balayeuses ramasseuses – Les balayeuses aspiratrices

Elles sont essentiellement destinées aux travaux en agglomération ou à ceux nécessitant un ramassage de gravillons. Elles peuvent être équipées d'un système de pulvérisation d'eau afin de limiter le soulèvement des poussières.

- **Les balayeuses ramasseuses** : le principe de fonctionnement consiste à ramener par deux grosses tou-pies latérales flottantes les gravillons au centre de la machine où ils sont ensuite canalisés par des bavettes en caoutchouc vers le bac récepteur. Ce dernier est vidangé par inclinaison lorsqu'il est plein. Ce type de matériel s'est peu développé pour les travaux d'enduisage.
- **Les balayeuses aspiratrices** : elles comportent, en général, les mêmes organes que les balayeuses ramasseuses automotrices avec, en plus, un système d'aspiration. Ces engins effectuent un travail efficace et se développent de plus en plus.

Page laissée blanche intentionnellement

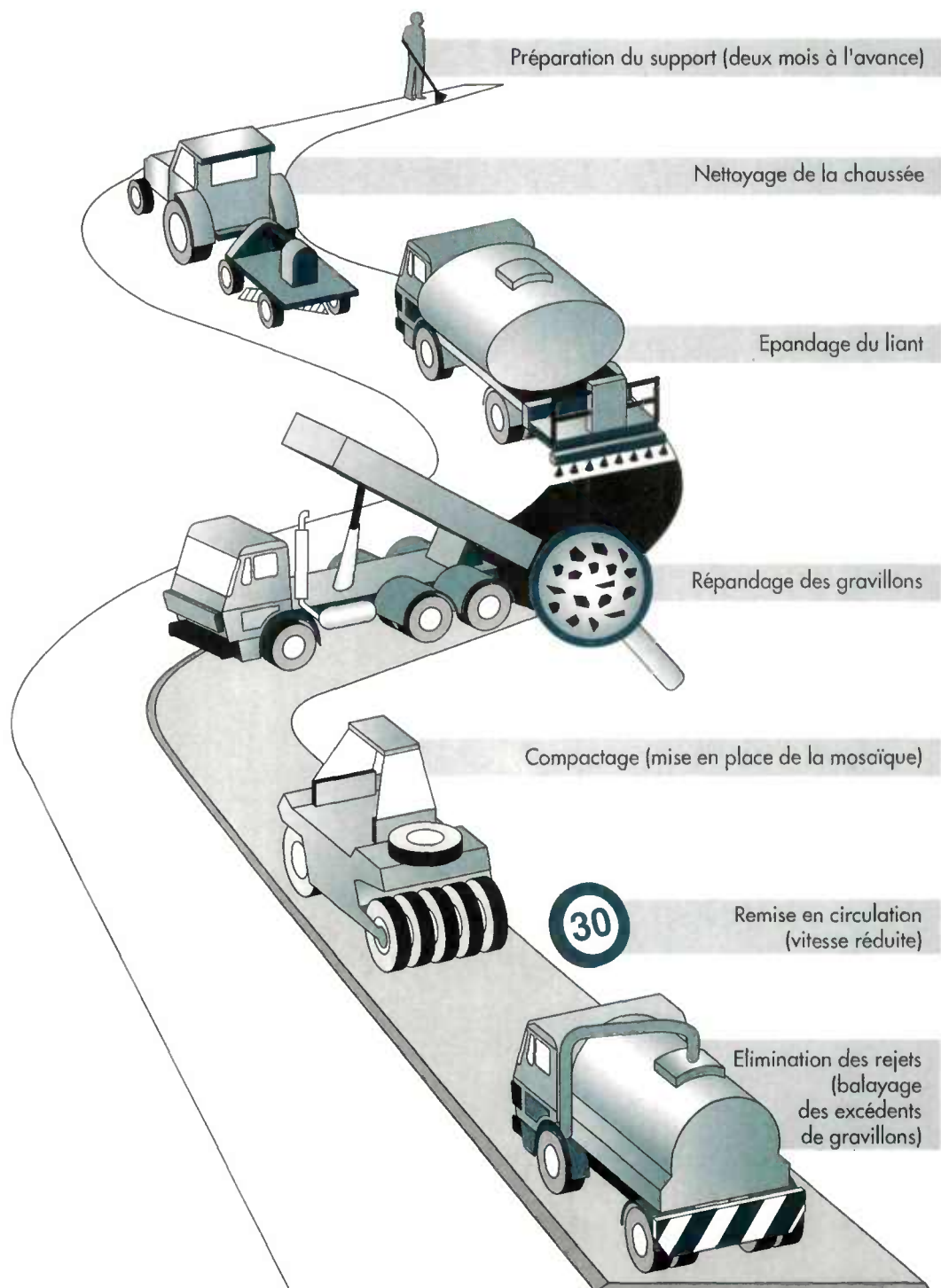
Chapitre V

Exécution des travaux

L'exécution d'un chantier d'enduit superficiel nécessite :

- la constitution d'équipes spécialisées et homogènes,
- l'utilisation de matériels adaptés, bien réglés et fiables,
- un encadrement expérimenté.

Le rôle du conducteur de chantier est primordial.
La mise en œuvre est constituée d'une suite d'opérations qui doivent parfaitement s'enchaîner.



A. SIGNALISATION

D'une façon générale, toutes les mesures d'exploitation doivent être prises pour donner aux usagers et au personnel d'exécution la meilleure sécurité et pour assurer la sauvegarde des revêtements.

Les travaux d'enduits superficiels étant généralement réalisés sous circulation, il est impératif d'avertir les usagers de l'exécution des travaux et de la présence sur la chaussée de personnels et de matériels.

Pendant les travaux, un ensemble de panneaux conformes au *Livre 1 - 8^e partie "Signalisation temporaire"* du 30 janvier 1993 et au *Manuel du chef de chantier* de mars 1993 est mis en place : le dispositif doit être homogène, clair, visible et stable, tous les personnels affectés au chantier seront munis de protection individuelle de type "boudrier" réglementaire.

Il faut prévoir une signalisation mobile sur les chantiers importants. Après les travaux et tant que subsiste un risque lié à la présence de gravillons roulants ou mal fixés, des signaux de danger et éventuellement de limitation de vitesse et d'interdiction de doubler sont maintenus aux extrémités des sections récemment revêtues ; ils sont rappelés aux carrefours et en section courante si nécessaire.

L'effacement des marquages éventuels est également indiqué à l'usager.

Le trafic automobile peut être régulé par alternats de préférence manuels, soit piloté en navettes, soit dévié. La remise en circulation s'effectue sous vitesse limitée en intercalant des "véhicules pilotes" si nécessaire.

Pour les routes à trafic important, il est indispensable de prévoir une déviation en cas d'intempéries survenant pendant la réalisation des travaux, ou juste après.

La signalisation est déposée aussitôt que des conditions normales de circulation sont retrouvées.

B. BALAYAGE PRÉALABLE

La surface de la chaussée doit être parfaitement propre et exempte de souillures afin de permettre une bonne adhésivité du liant sur le support. Le balayage et la nature des balais doivent être adaptés aux types de souillures à éliminer. Il est également nécessaire de prévoir l'élimination des marquages thermo-plastiques.

Si, sur route à fort trafic, on peut s'affranchir de cette opération de balayage (auto-nettoyage par la circulation), il est par contre impératif de prévoir ce balayage sur route à faible trafic.

C. ÉPANDAGE DU LIANT

Aucun enduit ne doit être commencé en entrée de courbe. En fin de journée, la dernière section enduite doit l'être sur toute la largeur de la chaussée. L'épandage du liant ne peut débuter que lorsque les conditions atmosphériques, les paramètres d'épandage du liant et la présence, en état, des gravillonneurs sont satisfaits.

Conditions atmosphériques

L'épandage du liant ne peut être réalisé que sur un support sec. Dans le cas d'utilisation d'émulsion, on peut admettre un support très légèrement humide. Pour être dans des conditions satisfaisantes, la température ambiante doit être, pour la majorité des liants :

- > 10° C pour les liants anhydres,
- > 15° C pour les liants anhydres modifiés,
- > 5° C pour toutes les émulsions.

Dans le cas de températures trop élevées, il peut être parfois conseillé de surseoir à l'exécution de l'enduit. Le liant trop fluide ne présente pas suffisamment de cohésion et le retournement des granulats dans le liant peut conduire à des désordres par collage des granulats aux pneumatiques des véhicules. Par vent violent, l'arrêt de l'application peut également s'envisager (déformation des jets de liant).

Paramètres d'épandage du liant

Préalablement à l'épandage du liant, différents points doivent être vérifiés :

- bonne connaissance de la température du liant préconisée pour l'épandage et respect de cette température tout au long de l'épandage,
- bonne propreté du filtre, du corps de rampe, et des pulvérisateurs,
- respect de la hauteur de la rampe,
- affichage correct du dosage à appliquer et de la densité du liant à la température d'épandage.

Présence des gravillonneurs

Avant toute application de liant, il est indispensable de s'assurer de la présence effective des gravillonneurs et de limiter la surface enduite de liant à la quantité de granulats qui peut être épandue sans attente.

Exécution des joints

Les joints transversaux et longitudinaux constituent des points faibles de l'enduit. Il y a lieu de particulièrement veiller à leur réalisation.

• *Joints transversaux*

A chaque démarrage, il est fortement conseillé d'épandre le liant, sur quelques dizaines de centimètres, sur une bande de papier placée transversalement à l'épandage. Afin d'obtenir des extrémités nettes, il est judicieux de procéder de la même façon en début et fin de section.

• *Joints longitudinaux*

Afin d'assurer l'uniformité du dosage en liant, deux bandes jointives doivent se recouvrir d'une valeur à déterminer en fonction des types de rampe et de jets (20 à 25 cm). Avant d'exécuter la deuxième bande, les granulats de rejet au bord de la bande précédente peuvent être retroussés par balayage. Lorsqu'il s'agit d'un enduit multicouches, les joints longitudinaux de chaque couche de liant sont décalés de 15 à 20 cm.

D. ÉPANDAGE DES GRANULATS

L'épandage des granulats doit suivre au plus près la mise en œuvre du liant afin de permettre un bon mouillage des gravillons. Ce délai doit être particulièrement réduit (inférieur à 1 min) dans le cas d'utilisation de liants visqueux (liants modifiés) et d'émulsion de bitume. Lors de l'épandage, les granulats doivent être aussi secs que possible.

Comme pour le liant, le bon dosage en granulats est un gage de réussite de l'enduit.

Pour les structures utilisant plusieurs couches de granulats, il faut particulièrement veiller à ce que la première couche soit bien dosée (sans excès) et parfaitement répartie. Il faut toujours garder à l'esprit que la quantité de granulats à épandre est 10 à 12 fois plus importante que celle correspondante de liant. La cadence du chantier dépend donc des moyens d'approvisionnement des granulats.

E. MISE EN PLACE DE LA MOSAÏQUE

Actuellement, le seul moyen permettant une première mise en place de la mosaïque avant la remise en circulation reste le cylindrage. Cette opération a pour but de coucher les gravillons, de limiter les superpositions et d'amorcer un premier sertissage des gravillons par le liant.

Pour que cette action soit efficace, il est indispensable qu'elle suive de très près le répandage du granulat au moins pour les premiers passages. Les suivants sont réalisés lorsque les gravillons sont plus secs.

La mosaïque étant principalement mise en place par la circulation, l'opération de cylindrage est d'autant plus importante que le trafic est faible.

Pour les structures multicouches, un cylindrage de la première couche de gravillons permettra de favoriser l'obtention d'une couche monogranulaire sans superposition. En général, un aller-retour est suffisant. Dans le cas précis des bicouches prégravillonnées, il ne semble pas nécessaire de cylindrer la couche intermédiaire, en contrepartie, le cylindrage final doit être particulièrement efficace.

F. ÉLIMINATION DES REJETS

La réalisation d'un enduit implique, inévitablement, la formation d'un rejet de gravillons provenant :

- d'une part d'un excès lors de la mise en œuvre (il faut veiller à ce qu'il soit le plus faible possible),
- d'autre part d'un rejet dû à la mise en place de la mosaïque sous circulation (arrachement des gravillons et réduction de l'épaisseur moyenne de l'enduit).

Dès que l'accrochage du gravillon est assuré, pour des raisons de sécurité et afin de ne pas gêner la formation de la mosaïque, l'élimination de ce rejet doit être envisagée (par balayage ou par aspiration) d'autant plus rapidement que le trafic est important.

Le délai d'intervention, fonction du trafic et du liant utilisé (viscosité) peut varier de quelques heures à quelques jours.

G. EXPLOITATION DE LA ROUTE

Il est impératif d'attendre que les gravillons soient parfaitement secs avant de remettre en circulation la section fraîchement enduite. Le délai de remise en circulation dépendra également de la nature du liant, des conditions atmosphériques et du trafic.

En cas d'orage survenant juste après la mise en œuvre de l'enduit, certaines dispositions doivent être prises rapidement, afin de sauvegarder la section réalisée :

- soustraire le plus rapidement possible l'enduit à la circulation,
- en fin d'orage, attendre l'écoulement total des eaux de ruissellement,
- répandre du dope d'interface,
- attendre le séchage des gravillons,
- cylindrer à nouveau,
- remettre en circulation en s'assurant que les granulats sont secs et accrochés.

H. CONTRÔLE D'EXÉCUTION

H-1. CONTRÔLE PRÉALABLE À L'EXÉCUTION

Il importe de s'assurer, en amont de l'exécution du chantier, du bon fonctionnement du matériel qui sera effectivement utilisé.

Les épanduses

Leur capacité à respecter les dosages de liant prescrits ainsi que leur régularité transversale et longitudinale doivent être testées en poste fixe selon la norme NF P 98-726 (1). La périodicité souhaitable de passage est d'une fois tous les deux ans.

(1) Les installations de la station d'essai d'éléments de matériel routier de Blois (SEMR) répondent à cette norme.

Même si cette condition est remplie, il est conseillé, au moins les années où il n'y a pas eu réception en poste fixe, d'effectuer des essais préalables au démarrage du chantier, par exemple sur un délaissé. Ces contrôles sont réalisés par la méthode des plaques de mousse ou de moquette pour la détermination du dosage moyen et par la méthode des coupelles pour la régularité transversale selon la norme NF P 98-275-1. On peut également utiliser la méthode des traceurs radioactifs selon le projet de norme NF P 98-275-2 (2).

Le coefficient de variation transversale (CVT) mesuré en poste fixe doit être inférieur ou égal à 5 %. En essai *in situ*, on peut se satisfaire de valeurs inférieures ou égales à 10 %.

Les gravillonneurs

Ils sont testés par la méthode de la boîte doseuse à granulats selon la norme NF P 98-276-1, et par la méthode de prélèvement "au cadre" selon la norme NF P 98-276 -2.

Actuellement, seuls les gravillonneurs équipés de rouleaux extracteurs donnent satisfaction. Le coefficient de variation transversale mesuré *in situ* est considéré satisfaisant s'il est inférieur ou égal à 10 % pour les gravillonneurs automoteurs, inférieur ou égal à 15 % pour les gravillonneurs portés. L'attention est attirée sur l'importance du facteur humain dans l'obtention de bons résultats avec ce type de matériel.

H-2. CONTRÔLES LORS DE L'EXÉCUTION DES CHANTIERS

Il est indispensable de vérifier tous les paramètres d'épandage du liant (voir Chapitre 5, paragraphe 3, Épandage du liant) et l'aspect visuel des grilles de granulats (voir le *Guide photographique des dosages en granulats* – LCPC, 1985, ainsi que le *Guide pratique de l'entretien courant* p. 96 – SETRA, 1987).

Un contrôle approximatif du dosage moyen de liant au sol peut être effectué par pesage des épanduses afin de déterminer le poids de liant appliqué sur une surface connue. A noter que, dans la majorité des cas, la largeur à prendre en compte est la largeur "noircie" diminuée de 20 cm (diffusion du liant à trois recouvrements, jets distants de 10 cm). A défaut de pesées de l'épanduse, les indications de la jauge de la cuve de stockage peuvent être utilisées, mais avec beaucoup de circonspection (planéité de la surface sur laquelle stationne l'épanduse, etc.).

Il reste toujours utile d'effectuer quelques contrôles ponctuels par plaques et, le cas échéant, à la règle à coupelles, pour la variation transversale.

Dans tous les cas, il importe de réaliser des prélèvements conservatoires de liant et de granulats qui permettront, en cas d'échec, de mieux cerner les causes du problème. Ces prélèvements sont soigneusement stockés en récipients étanches parfaitement repérés. Ils sont conservés un an au moins, dans des conditions permettant leur analyse en cas d'éventuelles expertises.

Dans le cas des émulsions, celles-ci pouvant présenter des évolutions au cours du stockage, la conservation des prélèvements est limitée à un mois. De ce fait, il est conseillé d'effectuer des contrôles au cours de la réalisation des enduits.

(2) Le Laboratoire Régional des Pans et Chaussées d'Autun peut réaliser cet essai.

Page laissée blanche intentionnellement

Chapitre VI

Résultats d'ensemble

Page laissée blanche intentionnellement

A. APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ

Un enduit superficiel ne peut être considéré comme réussi que s'il remplit correctement les fonctions suivantes.

A-1. IMPERMÉABILITÉ

Bien que tous les types d'enduits présentent une bonne imperméabilisation de la chaussée, certaines structures permettent de mieux remplir cette fonction. Le classement, par ordre d'efficacité croissant, en l'absence de moyen de mesure, semble être le suivant :

1. monocouche prégravillonné,
2. monocouche simple et double gravillonnage,
3. bicouche et bicouche prégravillonné.

A-2. RUGOSITÉ GÉOMÉTRIQUE

Par rapport à beaucoup d'autres revêtements superficiels, l'enduit présente une bonne rugosité géométrique. Cette fonction est mise en évidence par l'essai de hauteur au sable qui conduit généralement à des valeurs de l'ordre de 2 mm, voire plus.

Le classement dans l'ordre croissant de la rugosité obtenue pour une même granularité de la première couche de gravillons est le suivant :

1. bicouche et bicouche prégravillonné,
2. monocouche prégravillonné,
3. monocouche simple gravillonnage,
4. monocouche double gravillonnage.

A-3. ABSENCE DE DÉGRADATIONS

Comme le précise la norme NF P 98-160, après un cycle complet de saisons, l'enduit ne doit présenter que des dégradations limitées dont l'étendue est exprimée comme un pourcentage de la surface dont la valeur dépend de la classe de l'enduit.

Les principales dégradations rencontrées sont (voir Annexe, *Catalogue de dégradations des enduits superficiels*) :

- **le plumage** : état d'un enduit dont la mosaïque est rendue non jointive par départ de granulats,
- **le peignage** : plumage par bandes parallèles au bord de la chaussée,
- **la pelade** : état d'un enduit présentant des manques par plaques,
- **le ressuage** : état d'un enduit caractérisé par la remontée de liant en plaque recouvrant la mosaïque.

B. DÉFAUTS CONSTATÉS

Ce tableau liste les principaux types de dégradations généralement rencontrés sur les enduits superficiels.

Il précise également :

- les périodes d'apparition des désordres,
- les causes possibles,
- les remèdes envisageables.

Degradations	Période d'apparition des désordres	Causes possibles	Remèdes
1. ARRACHEMENTS			
Plumage généralisé	à 24 ou 48 h	Gravillons non tachés par le liant <ul style="list-style-type: none"> - défaut d'adhésivité liant-granulat (manque de dope dans le liant, granulats humides à la mise en œuvre) - temps trop froid à la mise en œuvre - gravillonnage trop tardif avec des liants chauds visqueux - utilisation d'un dope avec une émulsion Gravillons tachés par le liant <ul style="list-style-type: none"> - liant trop fluide par rapport à la circulation - sous-dosage de liant important - pluie à la mise en œuvre - erreur de technique (solicitation trop importante) 	Si la reprise est immédiate <ul style="list-style-type: none"> - monocouche 4/6 à l'émulsion ou liant chaud de faible viscosité dopé et avec dopage d'interface Dosage à adapter cas par cas pouvant varier de 300 g à 1 kg/m ² de bitume résiduel.
	au premier hiver	Gravillons non tachés <ul style="list-style-type: none"> - défaut d'adhésivité passive (le liant est déplacé par l'eau de pluie) correspondant à une mauvaise affinité liant-granulat - granulats sales à la mise en œuvre Gravillons tachés <ul style="list-style-type: none"> - sous-dosage en liant - liant trop visqueux par rapport au trafic - enduit fait trop tard en saison - défaut de cohésivité du liant en période froide - compactage insuffisant 	Si la réparation est effectuée au printemps suivant <ul style="list-style-type: none"> - enduit sandwich si plus de 50 % de la surface est plumée
Plumage localisé - Entre les bandes de roulement	3 mois ou ou 1 ^{er} hiver	Gravillons en général tachés <ul style="list-style-type: none"> - sous-dosage en liant par rapport au trafic de la voie ou par rapport à un support déjà ouvert dans les bandes de roulement 	Voile d'émulsion ou de liant chaud à un dosage de bitume résiduel de l'ordre de 300 à 500 g/m ²
- Dans les bandes de roulement	3 mois ou après le 1 ^{er} hiver	Gravillons en général tachés <ul style="list-style-type: none"> - sollicitations trop importantes par rapport au trafic ou aux conditions du site. La technique enduit n'était sans doute pas adaptée - défaut de cohésivité du liant, surcharge en gravillons - points de Fraass trop élevés - enduit réalisé trop tard en saison 	Voile d'émulsion à un dosage de bitume résiduel de l'ordre de 300 à 500 g/m ² avec gravillonnage au 4/6 ou 2/4 (ou envisager de changer de technique)

Il n'existe pas de remède économique efficace pour reprendre de façon satisfaisante un enduit défectueux. Il convient donc de maîtriser correctement tous les différents paramètres développés dans le présent guide.

Degradations	Période d'apparition des désordres	Causes possibles	Remedes
- Peignage	ou 1 ^{er} hiver	- défaut de mise en œuvre dû à un mauvais réglage de la rompe : jets sales, mal orientés ou mauvaise hauteur de la rampe conduisant à un sous-dosage longitudinal localisé en sillons parallèles - viscosité du liant trop élevée pour le type de répandeuse utilisée	Aucun
- Par plaque	après le 1 ^{er} hiver	- défaut de préparation du support trop poreux (enrobé à froid), trop faïencé ou trop grossier localement ou mal imperméabilisé - nettoyage insuffisant du support	Reprises localisées au point à temps en bicouche
Pelage	été	- arrachement par plaque de l'enduit dû à un mélange du liant et des granulats puis arrachement par les véhicules. Cette dégradation se produit surtout avec les liants modifiés avec des polymères	- réparation localisée au point à temps avec gravillonnage à sec - reprise avec des enrobés à chaud - tapis d'enrobé général
2. RESSUAGE			
Noircissage	printemps - été	- le retournement des gravillons dans le liant peut être dû à un liant trop fluide pour la circulation - défaut de cohésivité du liant aux fortes températures - enduit réalisé trop tard en saison. La dégradation apparaît au premier coup de chaleur du printemps	Néant ou gravillonnage au 4/6
Ressuage généralisé dans les traces de raues	printemps - été	- dosage en liant trop élevé - gravillons trop plats - liant trop fluide pour le trafic concerné - enfoncement trop rapide des gravillons dans le support	Grovillonnage au 4/6 Pour les zones très ressuantes cloutage à froid de gravillons 10/14 ou 6/10 et monocouche 4/6 (enduit sandwich)
Ressuage localisé		- zones de point à temps trop dosée en liant	- cloutage au 6/10 ou 10/14 selon l'importance du ressuage - pour les zones dangereuses, brûlage éventuel
3. AUTRES			
Joints	3 mois ou au 1 ^{er} hiver	- défaut de réalisation, mauvais recouvrement des jets de la répandeuse ou du gravillonneur	Reprise au point à temps automatique
Bris de pare-brise	24 ou 48 h	- surdosage en gravillons - baloyage mal ou pas effectué	Aspiration des rejets
Bourrelet transversal	24 ou 48 h	- mauvaise réalisation du joint transversal par défaut d'utilisation de bande de papier	

Page laissée blanche intentionnellement

Bibliographie

I - NORMES

NF P 98-160 Enduits superficiels d'usure – Spécifications
 NF P 98-216/1 Détermination de la macrotecture. Essai de hauteur au sable vraie

Granulats

P 18-101 Granulats – Vocabulaire – Définition – Classification
 P 18-554 Granulats – Mesure de masses volumiques, porosité, coefficient d'absorption et teneur en eau des gravillons et cailloux
 P 18-556 Granulats – Détermination de l'indice de continuité
 P 18-557 Granulats – Éléments pour l'identification des granulats
 P 18-560 Granulats – Analyse granulométrique par tamisage
 P 18-561 Granulats – Mesure du coefficient d'aplatissement
 P 18-562 Granulats – Détermination de l'épaisseur moyenne des gravillons
 P 18-571 Granulats – Détermination de l'homogénéité des granulats
 P 18-572 Granulats – Essai d'usure Micro-Deval
 P 18-573 Granulats – Essai Los-Angelès
 P 18-574 Granulats – Essai de fragmentation dynamique
 P 18-575 Granulats – Mesure du coefficient de polissage accéléré des gravillons
 P 18-577 Granulats – Essai Deval
 P 18-578 Granulats – Mesure de la rugosité d'une surface à l'aide du pendule de frottement
 P 18-591 Granulats – Détermination de la propreté superficielle
 P 18-592 Granulats – Essai au bleu de méthylène
 P 18-593 Granulats – Sensibilité au gel
 P 18-595 Granulats – Valeur de bleu de méthylène – Méthode turbidimétrique

Liants hydrocarbonés

T 65-001 Bitumes purs – Spécifications
 T 65-002 Bitumes fluidifiés par un diluant pétrolier – Spécifications
 T 65-003 Bitumes fluxés – Spécifications
 T 65-004 Bitume goudron – Spécifications
 T 65-011 Emulsion de bitume – Spécifications
 T 66-003 Distillation des bitumes fluxés et fluidifiés
 T 66-004 Pénétrabilité à l'aiguille
 T 66-005 Pseudo-viscosité des bitumes fluxés et fluidifiés
 T 66-006 Ductibilité des produits bitumineux
 T 66-007 Densité relative des produits bitumineux (au pycnomètre)
 T 66-008 Point de ramollissement Bille et Anneau
 T 66-009 Point d'éclair (vase clos appareil Abel) des bitumes fluxés et fluidifiés
 T 66-011 Perte de masse au chauffage
 T 66-012 Solubilité des produits bitumineux
 T 66-016 Émulsion de bitume – Homogénéité par tamisage
 T 66-017 Émulsion de bitume – Indice de rupture d'une émulsion cationique de bitume
 T 66-018 Émulsion de bitume – Adhésivité d'une émulsion cationique
 T 66-019 Émulsion de bitume – Indice de rupture d'une émulsion anionique de bitume
 T 66-020 Émulsion de bitume – Pseudo-viscosité
 T 66-021 Émulsion de bitume – Détermination du signe de la charge des particules
 T 66-022 Émulsion de bitume – Stabilité au stockage par décantation

T 66-023	Émulsion de bitume – Détermination de la teneur en eau
T 66-026	Point de fragilité Fraass (bitumes purs)
T 66-027	Goudrons – Distillation fractionnée
T 66-028	Teneur en goudron
T 66-029	Goudrons – Teneur en naphthalène
T 66-030	Goudrons – Teneur en anthracène
T 66-031	Méthode de stabilisation des liants anhydres et des émulsions de bitume
T 66-037	Mesure de la cohésion d'un liant hydrocarboné, à une température donnée, au mouton pendule
T 66-038	Essai de traction sur haltère
T 66-040	Détermination du retour élastique pour liant bitumineux
T 60-113	Teneur en eau des produits pétroliers
T 60-118	Point d'éclair (vase ouvert appareil Cleveland)

NF P 98-274/1-2 et 3 Essai d'adhésivité Vialit

Matériels

NF P 98-707	Machine pour l'épandage des liants hydrocarbonés – Terminologie et nomenclature
NF P 98-709	Gravillonneurs – Terminologie – Spécifications techniques et commerciales
NF P 98-726	Machines pour l'épandage de liants hydrocarboné – Banc et méthode d'essai à poste fixe de la mesure du dosage et de la répartition transversale du dispositif d'épandage
NF P 98-739	Machine pour l'épandage des gravillons – Banc et méthode d'essai à poste fixe de la mesure du dosage et de la régularité du voile de gravillons
NF P 98-275/1	Détermination du dosage en liant répandu – Essai <i>in situ</i> de dosage moyen et de régularité transversale
NF P 98-276/1	Mesure du dosage en granulats d'un enduit superficiel – Essai à la boîte doseuse
NF P 98-276/2	Mesure du dosage en granulats d'un enduit superficiel – Détermination de la régularité transversale

II - CCTG

Fascicule 23 : Fourniture de granulats

Fascicule 24 : Fourniture de liants hydrocarbonés

Fascicule 26 : Exécution des enduits superficiels

III - GUIDES

Guide à l'usage des surveillants de chantier SETRA – LCPC, 1975

Stockage des granulats SETRA – LCPC, mars 81

Fiches techniques conducteurs SETRA – LCPC, décembre 85

IV - NOTES D'INFORMATIONS SETRA

N° 07 *Enduits superficiels épais*

N° 14 *Point à temps automatiques*

- N° 30 Enduits superficiels GLg
- N° 35 Enduits superficiels. Les opérations de balayage
- N° 60 Choix des bitumes pour routes à fort trafic
- N° 65 Normalisation dans le domaine des granulats
- N° 72 Normalisation dans le domaine des enduits superficiels

V - AVIS TECHNIQUES (Liants modifiés pour enduits)

- N° 03 Flexochape Beugnet
- N° 04 Bituflex Colas
- N° 05 Styrelf 103 ELF
- N° 06 Viaprene Viafrance
- N° 07 Emulstyr CBC
- N° 08 Colasphalte E 1015 Colas
- N° 09 Actistyr SCR
- N° 10 Actiflex SCR
- N° 11 Actiprene SCR
- N° 12 Micprene SCR
- N° 13 Néoflex SCREG
- N° 14 Néolastic SCREG
- N° 15 Colacid R69 P80 Colas
- N° 23 Routoflex R Gerland
- N° 25 Mobilplast DE EJL
- N° 27 Accoflex CBC
- N° 37 BCS – R – 11 SACER
- N° 47 Emulcol Colas
- N° 54 Topflex Colas
- N° 80 Flexamuls CBC
- N° 83 Flexalco CBC

VI - PUBLICATIONS DIVERSES

- Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées spécial enduits*, LCPC, octobre 1975
- Enduits superficiels et routes économiques*, LCPC, octobre 1989
- Enduits d'entretien – Fiches pratiques*, SETRA – Club d'échanges
- Bulletin spécial enduits*, CETE de l'Ouest, novembre 1987
- Bulletins d'information Routes* (N° 11 – 15 – 21 – 25 – 26 – 27), CETE du Sud-Ouest
- Les émulsions de bitume (généralités, applications)* SFERB, 1988
- Fascicule N° 50 Enduits superficiels*, RGRA, octobre 1988

VII - LOGICIELS

- ALOGEN, logiciel d'aide à la formulation des enduits superficiels, LRPC d'Autun
- SOFIE, logiciel de formation sur les enduits superficiels, SETRA – LRPC de Clermond-Ferrand

Page laissée blanche intentionnellement

Annexe I

***Catalogue de dégradations
des enduits superficiels***

Michel LE DUFF

Section des Propriétés des matériaux de chaussées
Département des chaussées du LCPC

Nous remercions le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Blois
pour sa participation à l'illustration du présent document.

Action de recherche pluriannuelle (AR) : 33

- *Liants hydrocarbonés et enrobés*

Fiche d'action élémentaire de recherche (FAER) : 33 05 7

- *Enduits superficiels – Suivi*

Ce document est propriété de l'Administration et ne peut être reproduit,
même partiellement, sans l'autorisation du Directeur du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

© 1979 – LCPC

Sommaire

Présentation	77
--------------	----

PREMIÈRE PARTIE

Description des dégradations Énoncé de leurs causes présumées

I - Dégradations au jeune âge	80
Arrachements généralisés des granulats	80
Plumage généralisé	
Arrachements localisés des granulats	81
Plumage localisé	
Peignage	
Décollement de l'enduit du support : Pelade	81
Autre dégradation	81
II - Dégradations dans le temps	82
Rejet aux premiers froids	82
Rejet de printemps	83
Rejet d'été	83
Ressuages	83
Pseudo-ressuage par enfoncement des granulats de l'enduit dans le support	83
Pelade	84
Dégradations diverses	84
Défauts d'exécution divers	85
Quelques définitions se rapportant à des dégradations	85

DEUXIÈME PARTIE

Illustrations de quelques dégradations relevées sur enduits

Défauts de mise en œuvre	89
Ressuages	96
Plumages	105
Pelades	110
Dégradations consécutives à l'insuffisance du support	113
Dégradations et défauts divers	115

Page laissée blanche intentionnellement

PRESENTATION

Un enduit superficiel ne peut être considéré comme réussi que s'il remplit correctement ses deux fonctions principales, à savoir s'il est imperméable et s'il redonne à la chaussée une rugosité géométrique importante, homogène et durable.

Les causes des dégradations sont nombreuses et variées, d'ordre quantitatif (intensité ou charge de la circulation), qualitatif (nature du support ou des constituants) ou aléatoire (conditions atmosphériques, pollutions accidentelles).

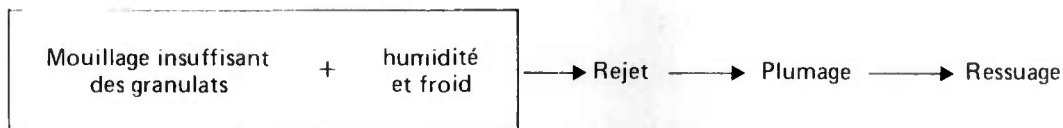
Dans le cas des enduits superficiels dont la nature même est doublement composite (liant et granulats en couches successives), la majeure partie des dégradations réside dans un déséquilibre qui apparaît entre les quantités relatives des différents constituants sur la chaussée.

D'autre part, les dégradations, qu'elles soient du type arrachement de granulats ou ressuage, ont toujours tendance à s'amplifier en intensité et importance, du fait de l'affaiblissement de la structure de l'enduit.

Pour le premier type d'anomalie, la cohésion entre granulats diminue et pour l'autre, la chaussée ressuante, donc noire, absorbe davantage de chaleur et se réchauffe, rendant le liant plus mou encore.

Il est assez exceptionnel de pouvoir donner une explication simple et unique à une dégradation car elle est à la fois effet, mais aussi cause de nouveaux défauts et ceci se produisant en cascade. Chaque facteur a une action prépondérante mais temporaire et aléatoire. Il convient de rester très prudent quant au poids de chaque influence.

Une dégradation peut être latente ou rester stationnaire lorsque les conditions générales d'exploitation et d'environnement de la route restent suffisantes, puis brutalement se révéler ou s'amplifier à la suite de la variation défavorable d'un ou plusieurs facteurs d'influence susceptibles de déclencher une réaction en chaîne, par exemple du type :



Cela explique que certains défauts apparaissent très rapidement sur l'enduit, dès la réalisation des travaux ou la remise sous circulation, mais aussi parfois plusieurs mois après son exécution.

Les enduits superficiels ont la triste renommée d'être une technique particulièrement pointue et délicate. Or il ne faut pas perdre de vue que si le formulateur et l'apporteur prennent un minimum de précautions élémentaires, le risque d'échec grave encouru est relativement faible car il se produit toujours un certain nombre de phénomènes de compensation.

En revanche, l'expérience montre que dès que l'on accumule deux facteurs prépondérants défavorables, on s'expose déjà à des risques importants, et au delà, on court à la catastrophe à plus ou moins brève échéance.

Le présent catalogue a pour but de rassembler les divers types des dégradations les plus couramment observées sur enduits superficiels, et de dresser une liste probablement non exhaustive de leurs causes présumées.

Il se décompose en deux parties, la première correspondant à la description des dégradations ainsi qu'à l'énumération des hypothèses susceptibles de les expliquer, la seconde rassemblant des clichés photographiques commentés, destinés à illustrer la première partie.

PREMIÈRE PARTIE

Description des dégradations
Énoncé de leurs causes présumées

I - DÉGRADATIONS AU JEUNE AGE

ARRACHEMENTS GÉNÉRALISÉS DES GRANULATS

Plumage généralisé

Le rejet immédiat est anormalement élevé et persistant.
Le liant n'accroche pas les granulats. La dégradation est généralisée sur tout l'enduit.

Causes possibles

Erreur de technique :

- conditions d'emploi se situant au delà de la limite raisonnable d'utilisation des enduits superficiels (solicitations horizontales ou tangentielles trop intenses).

Erreurs de formulation :

- liant inadapté aux conditions de circulation,
- dosage en liant sous-estimé par rapport au site, aux caractéristiques géométriques réelles des granulats, à l'état de surface du support ou aux conditions de circulation.
- utilisation d'un liant trop visqueux en arrière-saison ou trop fluide en période chaude,
- adhésion mécanique globale liant/granulats insuffisante,
- structure trop fragile pour les conditions de circulation.

Erreur d'approvisionnement :

- constituants ne répondant pas aux caractéristiques prévues par la formule (nature, viscosité du liant, grosseur, forme, propreté des granulats).

Erreurs de mise en œuvre :

- matériels et moyens utilisés non compatibles avec la nature des constituants ou la cadence du chantier,
- erreur de chargement ayant conduit à l'application d'un liant ou de granulats autres que ceux qui auraient dû l'être (granulats laqués avec une émulsion).

Défauts d'exécution :

- température ambiante trop basse ne devant pas permettre la réalisation des travaux,
- chaussée humide ou froide,
- température du liant inférieure à la température minimale de répandage,
- utilisation de granulats humides sans dope d'adhésivité,
- quantités répandues incorrectes (sous-dosage en liant, gravillonnage excessif),
- écoulement du liant en rive (émulsion à rupture lente),
- gravillonnage tardif réalisé sur le liant déjà raffermi (insuffisance de mouillage),
- compactage insuffisant,
- remise sous circulation prématurée,
- précipitations atmosphériques survenant sans qu'une déviation n'ait pu être mise en place pour isoler la section fraîchement revêtue.

ARRACHEMENTS LOCALISÉS DES GRANULATS**Plumage localisé**

Des départs de granulats se développent par plaques sur des zones plus ou moins importantes.

Causes possibles*Défauts de préparation du support :*

- sous-dosages locaux en liant par suite d'un mauvais état géométrique superficiel qui crée des écoulements vers des zones voisines,
- absorption de liant par le support à la suite de réparations utilisant des enrobés ouverts,
- nettoyage insuffisant du support avant enduisage.

Défauts d'exécution :

- hétérogénéité des granulats en qualité, granularité ou propreté (stocks pollués, garde au sol insuffisante ayant conduit à charger des mottes de terre),
- enduit partiellement compacté.

Peignage

Des départs de granulats se développent suivant des sillons parallèles au bord de la chaussée.

Cause possible

- mauvaise application du liant sur la chaussée provenant d'une défectuosité de la rampe de répannage (pulvérisateurs bouchés, mauvais recouvrement des jets au sol, répannage à trop basse température).

DÉCOLLEMENT DE L'ENDUIT DU SUPPORT : PELADE

La totalité de la couche de roulement est arrachée du support par plaques de plus ou moins grande importance.

Causes possibles

- support insuffisamment nettoyé, pollué ou partiellement humide lors du répannage du liant,
- traces de liant non gravillonnées sur la chaussée et adhérant aux pneumatiques, provoquant ainsi des arrachements, notamment dans les traces de circulation.

AUTRE DÉGRADATION

L'enduit est partiellement ou complètement détruit sur des zones plus ou moins limitées.

Cause possible

- sollicitations trop importantes détériorant la mosaïque encore fragile (coup de frein brutal, inversion brusque du sens du déplacement du compacteur).

II - DÉGRADATIONS DANS LE TEMPS

Les dégradations déjà citées peuvent se développer avec un certain retard, notamment si les conditions de circulation ou climatiques deviennent brutalement trop défavorables.

REJET AUX PREMIERS FROIDS

Après s'être stabilisé apparemment sans problème, l'enduit recommence à perdre ses granulats de façon généralisée (plumage).

Cette dégradation se trouve souvent accentuée par les conditions d'exploitation hivernale de la route (salage) et par les conditions particulières de circulation (pneumatiques à crampons). Elle correspond à des périodes de grande humidité ou de froid.

Premier cas

Les granulats rejetés sont tachés par le liant.

Causes possibles

Erreurs de formulation :

- sous-dosage en liant,
- utilisation d'un liant fragile à froid,
- viscosité trop élevée pour la période de réalisation.

Erreurs d'exécution :

- température du liant trop basse au répandage,
- gravillonnage tardif sur le liant déjà raffermi n'ayant pas permis d'obtenir un mouillage suffisant des granulats,
- gravillonnage excessif gênant la formation de la mosaïque,
- mise en œuvre trop en arrière-saison, le froid venant bloquer le processus normal d'évolution du liant qui conserve une trop grande part de solvants et manque de cohésion.

Deuxième cas

Les granulats rejetés ne sont pas tachés par le liant.

Cause possible

- manque d'adhésivité passive, l'eau venant désenrober les matériaux.

REJET DE PRINTEMPS

Cette dégradation, plus ou moins limitée s'observe fréquemment sur des enduits réalisés tardivement dans l'année ou employant un liant très visqueux qui n'aurait pas eu le temps de sécher suffisamment. Aux premiers beaux jours, le liant recommence à évoluer et redevient souple jusqu'à ce qu'il ait perdu suffisamment de solvants.

REJET D'ÉTÉ

Il se produit durant les fortes chaleurs lorsque le liant est trop susceptible à la température.

RESSUAGES

Dégradations se développant principalement par temps chaud qui se caractérisent par l'apparition de taches, plaques ou bandes de liant en surface consécutives soit à une remontée effective du liant, soit à un appauvrissement superficiel en granulats.

Ressuage par remontée de liant

Erreurs de formulation :

- dosage théorique en liant trop important pour la granularité ou la forme réelle des matériaux,
- dosage théorique en liant mal adapté à la nature ou à l'état du support,
- hétérogénéité des granulats en qualité ou granularité.

Mauvaise préparation du support :

- réparations au point à temps trop richement dosées,
- surdosages locaux en liant, consécutifs à un mauvais état géométrique de la chaussée qui crée des écoulements parasites vers des zones voisines (flaches, ornières).

Erreurs de mise en œuvre :

- surdosage accidentel en liant,
- sous-dosage en granulats.

Ressuage consécutif à un rejet

Tout rejet différé entraîne un appauvrissement de la surface de l'enduit en granulats, lui faisant correspondre un surdosage relatif en liant.

PSEUDO-RESSUAGE PAR ENFONCEMENT DES GRANULATS DE L'ENDUIT DANS LE SUPPORT

Cette dégradation se développe généralement dans les bandes de roulement des poids lourds. La disparition des granulats dans le support entraîne un appauvrissement de l'enduit en granulats accompagné souvent d'une remontée de mortier du support.

Erreurs de technique :

- conditions d'emploi se situant au delà de la limite raisonnable d'utilisation des enduits superficiels (solllicitations verticales trop intenses par rapport à la dureté du support).

Erreurs de formulation :

- structure mal adaptée à l'intensité de la circulation,
- granularités trop faibles en regard de la dureté du support et des charges supportées.

Remarque

Des enfoncements de granulats dans le support peuvent apparaître sur des zones très localisées :

- changement brutal du profil en long entraînant des surcharges dynamiques importantes,
- variations localisées de la nature du support (tranchée rebouchée, élargissement en rive, réparations diverses).

PELADE

La totalité de l'enduit (liant + granulats) est arrachée du support par plaques plus ou moins importantes.

Ce phénomène peut se produire par temps chaud à la suite de ressuges lorsque la circulation est lourde et intense. Le liant en excès et ramolli se colle aux pneumatiques des véhicules. L'enduit est arraché du support par morceaux et se recolle plus loin en formant des paquets irréguliers.

Causes possibles

- nettoyage insuffisant du support,
- dégradation consécutive à des ressuges.

DÉGRADATIONS DIVERSES

Détérioration causée par les pneumatiques à crampons

Sous l'effet des chocs répétés, les granulats peuvent être fracturés ou déchaussés. Il se produit alors une usure anormale de la couche de roulement accompagnée d'arrachement de matière (liant et granulats).

Pollutions diverses

De nombreux types de pollution peuvent avoir des conséquences néfastes sur les enduits. Les dégradations qu'elles engendrent restent toutefois très limitées en étendue.

Scarifications de l'enduit

Elles sont causées soit par des engins agricoles équipés de bandages lisses, soit par des jantes de poids lourds ayant un pneumatique dégonflé.

Le même type de dégradation peut provenir d'accident de la circulation.

DÉFAUTS D'EXÉCUTION DIVERS

Ils sont consécutifs à un travail peu soigné ou à un matériel mal entretenu.

On peut citer :

- manque de netteté dans les débuts et fins de bandes,
- taches ou flaques de liant sur la chaussée,
- jets filants,
- trajectoire en zig-zag de la répandeuse,
- mauvais recouvrement des joints longitudinaux,
- bord de l'enduit ne correspondant pas au bord de la chaussée.

QUELQUES DEFINITIONS SE RAPPORTANT A DES DÉGRADATIONS

AFFAISSEMENT – Abaissement souvent brutal du profil généralement délimité par une fissure.

BOURRELET – Renflement à la surface de la chaussée.

DÉSENROBAGE – Décollement de la pellicule de liant de la surface d'un matériau totalement ou partiellement enrobé, résultant le plus souvent de l'action de l'eau.

EPAUFRURE – Effritement du bord d'une dalle rigide au niveau du joint.

FAÏENÇAGE – Réseau de fissures à mailles plus ou moins fines, se développant dans les couches de surface.

FISSURE – Ligne de rupture.

FLACHE – Dépression localisée, de forme arrondie à la surface de la chaussée.

GLAÇAGE – Usure homogène d'un revêtement qui le rend lisse et glissant.

NID-DE-POULE – Cavité de forme arrondie, à bords francs, créée par la circulation à la surface de la chaussée, par enlèvement de matériau.

ORNIÉRAGE – Déformation permanente longitudinale de la chaussée qui se développe dans les traces de circulation.

PEIGNAGE – Départs de granulats d'un enduit superficiel se développant par bandes ou sillons parallèles aux bords de la chaussée.

PELADE – Décollement par plaque de la couche de roulement adhérent insuffisamment à la couche qui la supporte.

PLUMAGE – Départs généralisés ou localisés des granulats d'un enduit superficiel.

REJET – Ensemble des gravillons d'un enduit superficiel qui ne sont pas fixés par le liant.

REJET DIFFERÉ – Ensemble des granulats insuffisamment fixés ou arrachés par suite d'une variation défavorable d'un facteur d'influence.

REJET IMMÉDIAT – Ensemble des gravillons d'un enduit neuf déposés en excès et évacués par la circulation dès la remise sous trafic.

RESSUAGE – Défaut qui se caractérise par l'apparition en surface de plaques ou de bandes de liant hydrocarboné en excès.

Page laissée blanche intentionnellement

DEUXIÈME PARTIE

Illustrations de quelques dégradations relevées sur enduits

- **Défauts de mise en œuvre**
- **Ressuages**
- **Plumages**
- **Pelades**
- **Dégradations consécutives à l'insuffisance du support**
- **Dégradations et défauts divers**

Page laissée blanche intentionnellement

Défauts de mise en œuvre



Nombreux défauts de réalisation

- Trajectoire peu précise de la répandeuse.
- Peignage spectaculaire.
- Flaque de liant en extrémité de bande.
- Rejet important.



Peignage d'un enduit devant ultérieurement engendrer des ressuges.

défauts de mise en œuvre

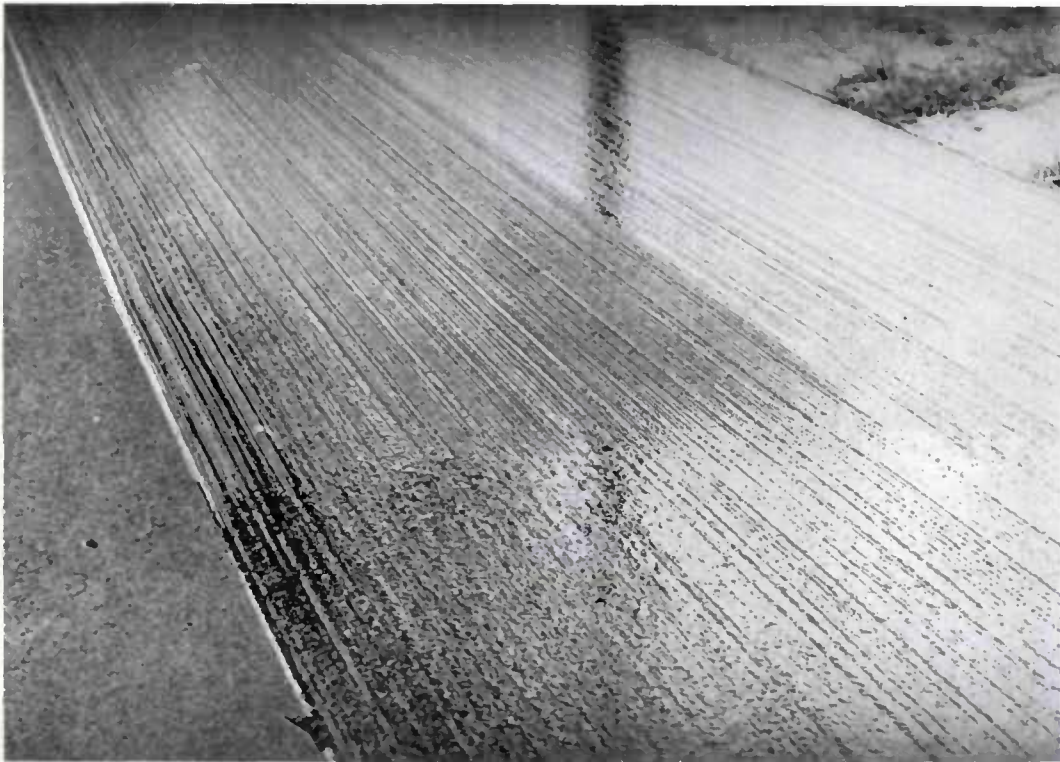


Peignage provenant d'un liant visqueux répandu à trop basse température.



Peignage résultant d'une hauteur de rampe mal adaptée (mauvais recouvrement des jets au sol)

défauts de mise en œuvre



Micropeignage

Utilisation d'une rampe type Eure-et-Loir pour un liant trop visqueux ou répandage sur support froid.

défauts de mise en œuvre



Surépaisseur provenant d'un surdosage en liant et granulats.

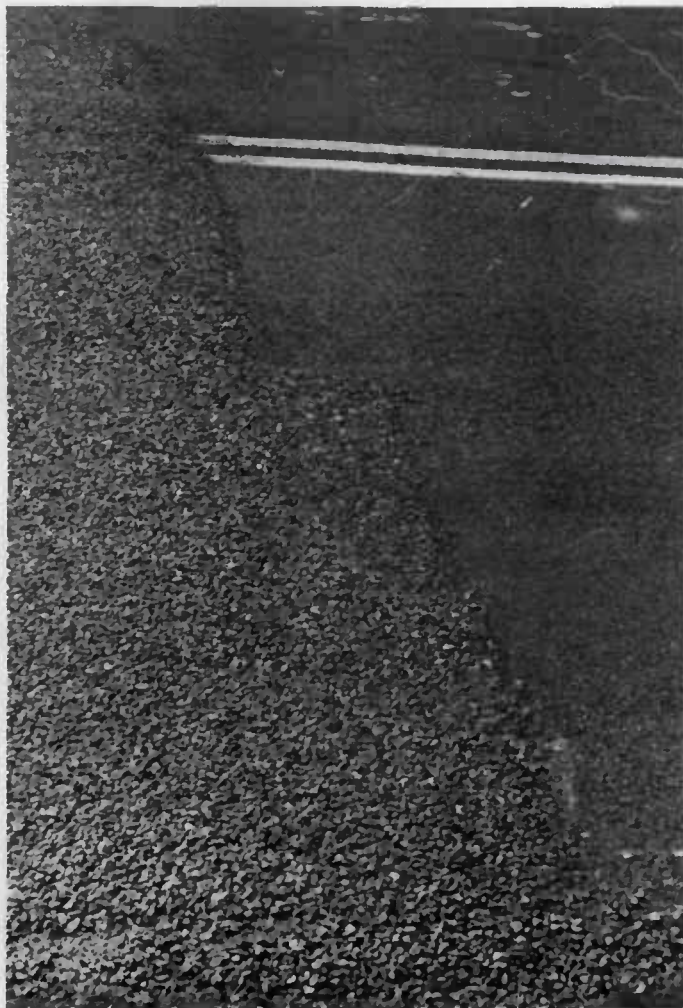


Défaut en rive, consécutif à une mauvaise trajectoire de la répandeuse.

défauts de mise en œuvre



- Début de bande de répartition surdosée
- Traces de pneu dans l'enduit.



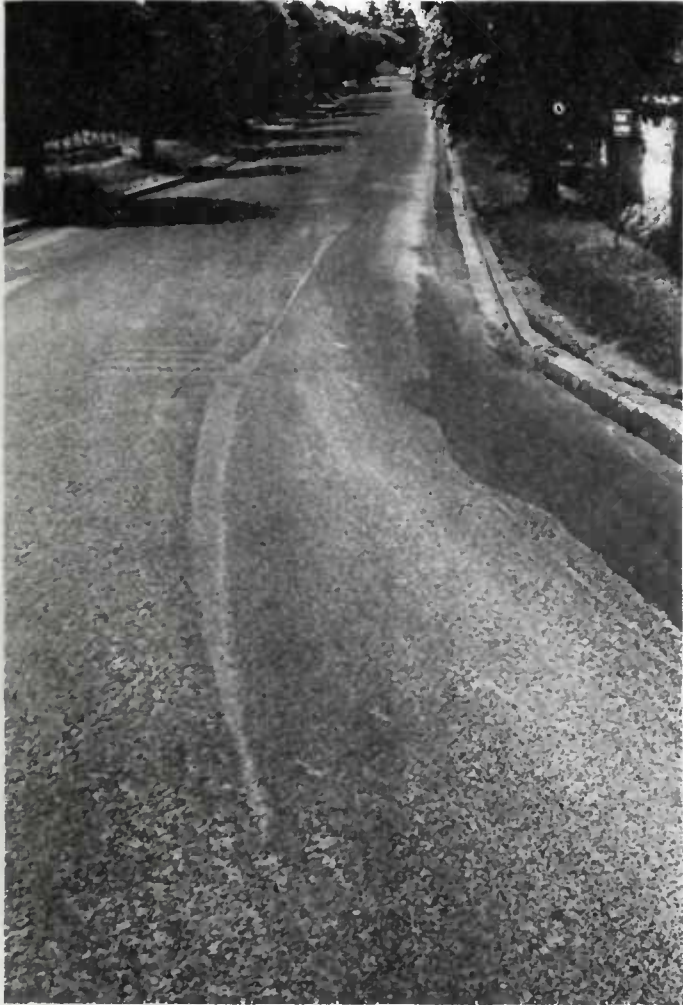
Extrémité de répartition.
Défaut systématique lié à la
conception même de la rampe
type Eure-et-Loir.

défauts de mise en œuvre

Arrachements de granulats dus
à un sous-dosage entre traces
(jet bouché).



défauts de mise en œuvre



Arrachements de granulats au niveau du joint central (sous-dosage en extrémité de rampe avec défaut de recouvrement).



Défaut de recouvrement entre deux bandes de répandage.

Ressuages



Ressuage par accumulation de liant dans une flache.



Plaques de ressuage consécutives à l'écoulement du liant dans les ornières et les flaches.

ressuages



Défaut de répartition.
Écoulement du liant en excès.



Ressuage dû à un surdosage généralisé en liant.

ressuages

Ressuage d'un liant fluide dans une flache. Le liant perd encore des solvants (apparition de bulles en surface).



Liant fluide trop richement dosé et appliqué en arrière-saison, recommençant à évoluer aux premières chaleurs.

ressuages



Ressuage et arrachement de l'enduit en rive.



Plaque de liant excédentaire en surface.

ressuages



Amorce de ressuage par extrusion d'une partie du liant après densification de l'enduit.

Ressuage
par densification
d'un bicouche dans les
traces de circulation
poids lourds.



ressuages



Ressuages localisés se produisant au niveau des travaux de préparation du support.



Ressuage à une reprise de répandage.

ressuages

Pseudo-ressuage.
Enfoncement des granulats
de l'enduit dans le support
accompagné d'une remontée
de mortier.



Glaçage d'une partie de la chaussée consécutif à l'enfoncement des granulats
de l'enduit dans le support (différence de nature).

ressuages



Enfoncement localisé des granulats de l'enduit dû à une variation de la nature du support (tranchée rebouchée).



Ressuage très localisé causé par l'ancienne signalisation horizontale (enfoncement des granulats dans le matériau de marquage).

ressuages



Ressuage généralisé le long de l'accotement le moins ombragé. Une partie du liant en excès est transportée par la circulation.

Plumages



Plumage généralisé des voies de circulation les plus chargées, accompagné d'un léger peignage.



Arrachement généralisé des granulats (rupture trop longue de l'émulsion).

plumages



Plumage

Rejet immédiat excessif dû à un surdosage en granulats et à une remise sous circulation trop rapide après réalisation.



Plumage localisé

Arrachements de granulats découlant d'un sous-dosage en extrémité de rampe.

plumages



Arrachements de granulats dus à la topographie des lieux rendant nécessaire des reprises de répandage, et aux sollicitations tangentielles élevées (basculement des granulats).



Plumage d'un enduit en sous-bois. Les granulats rejetés ne sont pas tachés par le liant (manque d'adhésivité passive). Ils forment un cordon en rive.

plumages

Début de plumage généralisé
d'un enduit.



Plumage d'un enduit.

plumages



Départs de granulats causés par un sous-dosage excessif de la voie rapide (accompagné d'un peignage).



Pelades



Détérioration de l'enduit consécutive à un grattage insuffisant du support avant réenduit.



Pelades très localisées (nettoyage insuffisant du support).

pelades



Pelade

Conjugaison d'un ressuage consécutif à l'enfoncement des granulats de l'enduit dans le support et d'une circulation intense, lourde et canalisée, par temps chaud.

pelades



Pelades d'un enduit employant un liant thermo-durcissable (brai-époxyde) résultant d'une pollution superficielle du support qui n'a pas permis un accrochage suffisant du liant sur la chaussée.



Dégradations consécutives à l'insuffisance du support



Dégradations en rive dues à la faiblesse des épaulements réalisés lors de l'élargissement de la chaussée.



Faïençage du support entraînant la dégradation de l'enduit.

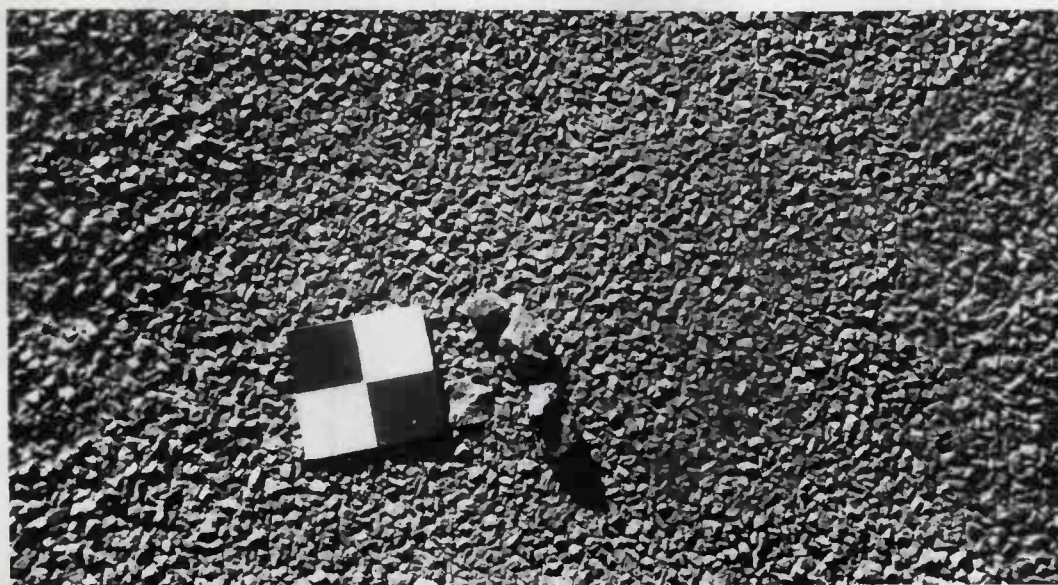


Fissure du support réapparaissant dans l'enduit.

Dégradations et défauts divers (causes accidentelles, pollutions, etc.)



Écoulements en rive
d'une émulsion à vitesse de
rupture trop lente.



Défaut d'homométrie des granulats

Pour un même dosage en liant, des zones se trouvent être relativement surdosées (risque de ressuage) par rapport à la dimension réelle des granulats. Inversement, d'autres zones peuvent apparaître sous-dosées (risque de plumage).

dégradations et défauts divers



Dégradation consécutive à l'action de carburant sur l'enduit à la suite d'un accident de la circulation.



Dépouille d'un animal non identifié. Les graisses ont détérioré l'enduit.

dégradations et défauts divers



Détérioration localisée de l'enduit à la suite de manœuvres d'un engin agricole en sortie de culture.



Détérioration de l'enduit frais consécutive à un coup de frein brutal.

dégradations et défauts divers



Épaufrures

Dégradation d'un enduit autoroutier au niveau des joints entre dalles (support en béton de ciment).

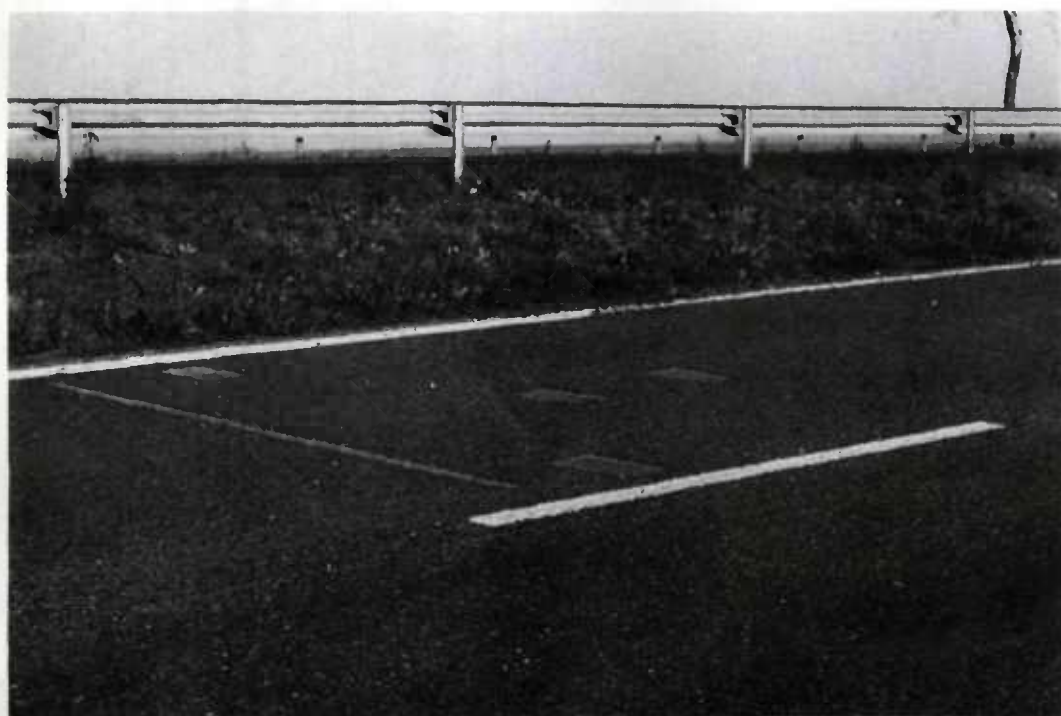


Dégradation sur un enduit autoroutier (chaussée en béton de ciment) consécutif à un incident de circulation.

dégradations et défauts divers



Défauts provenant d'un manque de préparation du support.



Traces laissées dans l'enduit à la suite d'un contrôle du dosage moyen en liant et de sa régularité transversale (bacs et règles).

dégradations et défauts divers



Scarification d'un enduit
sur un ouvrage d'art
(défaut d'imperméabilisation).

Conception et réalisation : LCPC IST Publications - Cécile Desthuilliers

Dessins : LCPC IST Publications - Philippe Caquelord

Exécution : Groupe Poly Print

Crédits photographiques - pages 18, 35 et 51 : LRPC d'AUTUN
- pages 43, 45, 46 et 49 : société Colas, Dijon

Flashage : Poly Flash

Impression : LCPC

Document publié par le LCPC : sous le numéro 502 702

Dépôt légal : 2e trimestre 1995 - ISBN 2-7208-7020-X

Ce document est propriété de l'Administration et ne peut être reproduit,
même partiellement, sans l'autorisation du LCPC ou du SETRA.

Page laissée blanche intentionnellement

Ce guide photographique rassemble plusieurs clichés à l'échelle 1. Il permet, par simple comparaison avec le revêtement en cours de réalisation, d'évaluer pour une classe granulométrique donnée, le dosage en granulats (exprimé en litres par mètre carré) de la première grille d'un enduit superficiel.

Cette méthode de contrôle peut s'appliquer aux cloutages.

Les gravillons utilisés pour la confection des clichés de référence étaient de forme normale (A = 9 %).

La précision de l'estimation d'un dosage est de l'ordre du litre par mètre carré.

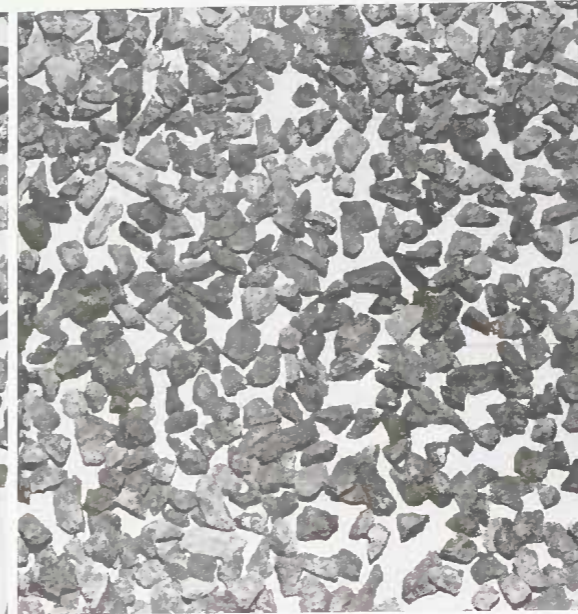
Document établi par Michel Le Duff
Division des Matériaux de chaussées
Section des propriétés des matériaux de chaussées
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

Ce document est propriété de l'Administration et ne peut être reproduit, même partiellement, sans l'autorisation du Directeur du Laboratoire central des Ponts et Chaussées (ou de ses représentants autorisés).

© 1985 LCPC



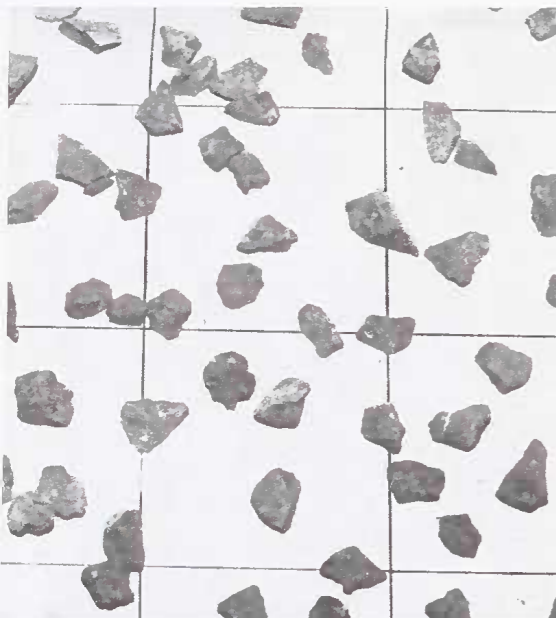
Granularité 4/6, dosage 2 l/m²



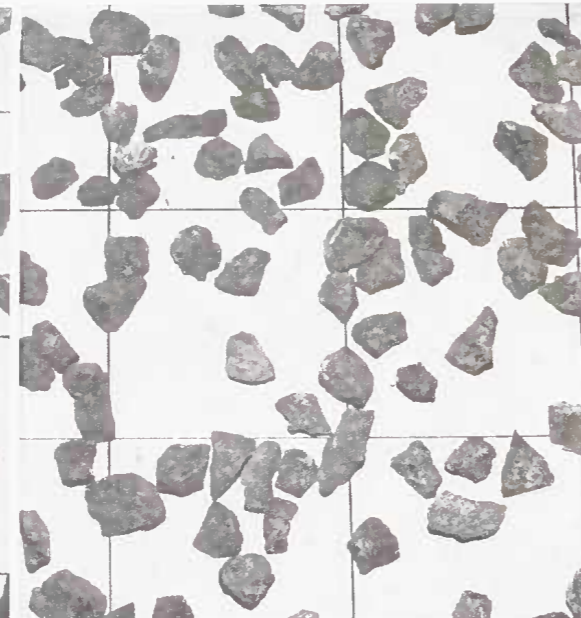
Granularité 4/6, dosage 3 l/m²



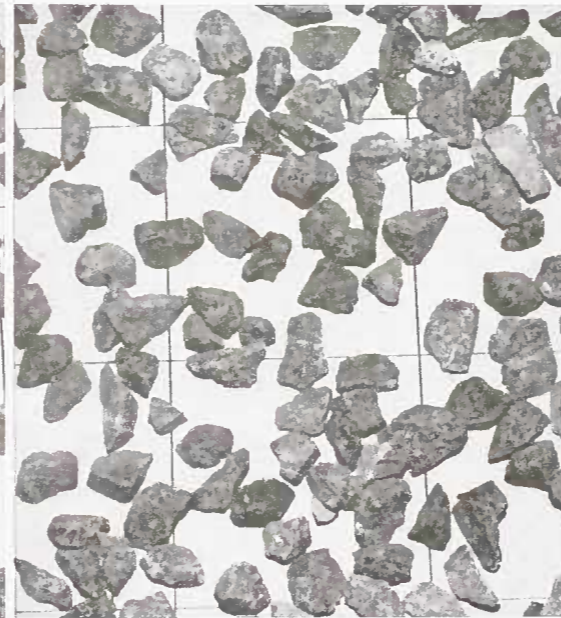
Granularité 4/6, dosage 4 l/m²



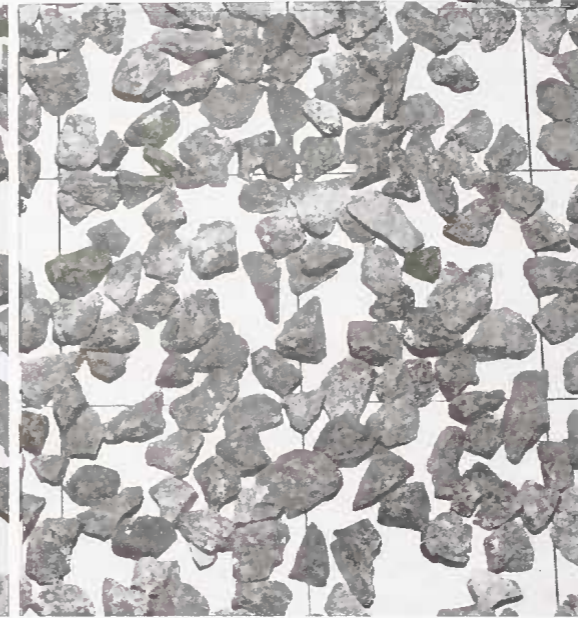
Granularité 6/10, dosage 1 l/m²



Granularité 6/10, dosage 2 l/m²



Granularité 6/10, dosage 3 l/m²



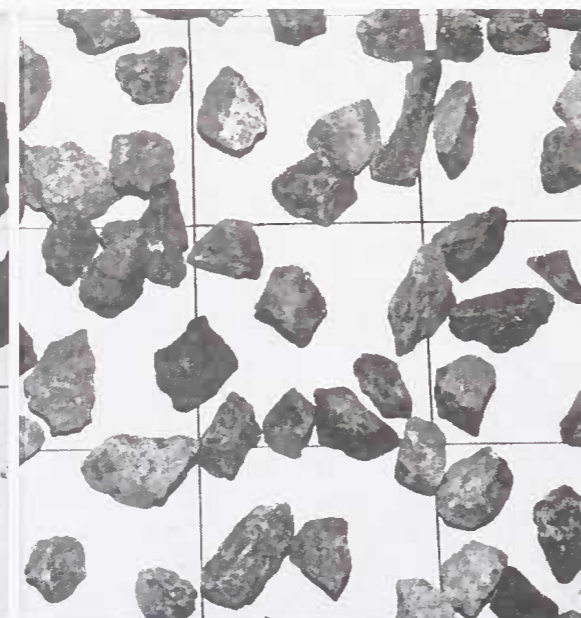
Granularité 6/10, dosage 4 l/m²



Granularité 6/10, dosage 5 l/m²



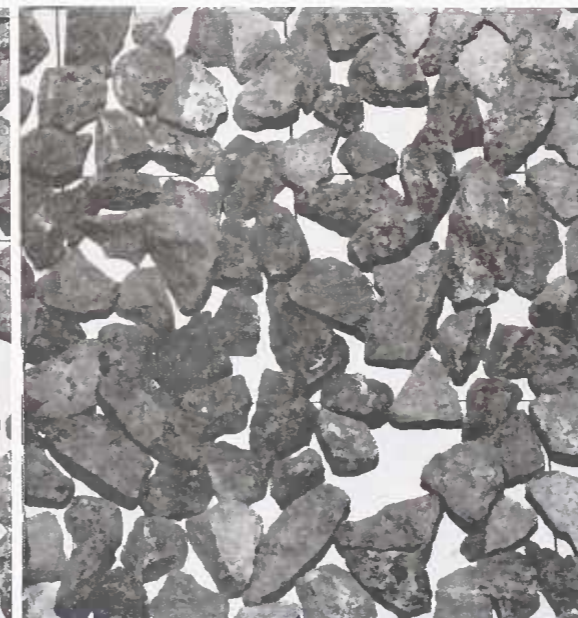
Granularité 10/14, dosage 2 l/m²



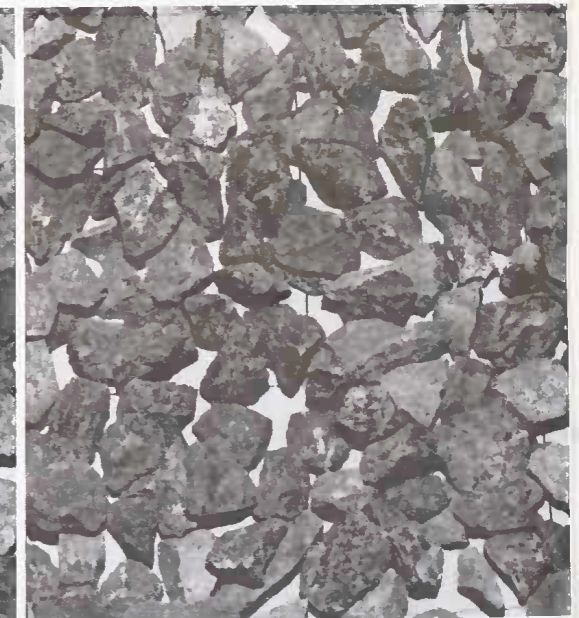
Granularité 10/14, dosage 4 l/m²



Granularité 10/14, dosage 6 l/m²



Granularité 10/14, dosage 8 l/m²



Granularité 10/14, dosage 10 l/m²

Enduits superficiels
DOSAGES EN GRANULATS
Guide photographique

MINISTÈRE DE L'URBANISME, DU LOGEMENT ET DES TRANSPORTS
LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES
58, boulevard Lefebvre - 75732 PARIS CEDEX 15
Tél. : (1) 532-31-79 - Téléx : LCPARI 200361 F

1985

ENDUITS SUPERFICIELS D'USURE

Le présent guide définit les règles techniques et les démarches permettant d'assurer la réussite des revêtements en enduits superficiels.

Il traite de ce domaine depuis le choix des constituants (granulats et liants) jusqu'à l'analyse des résultats d'ensemble, en passant par la formulation des enduits, la programmation et la préparation des chantiers, les matériels d'application et l'exécution des travaux.

Son contenu technique se substitue à celui de la directive SETRA-LCPC de novembre 1978 sur la *Réalisation des enduits superficiels*.

Ce guide s'adresse à l'ensemble des intervenants concernés par cette technique des enduits superficiels, maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, profession, réseau technique.

Document disponible sous la référence D 9517
au prix de 200 FF

à commander par écrit (courrier ou télécopie) :

- au bureau de vente de l'IST - Publications au LCPC
58, boulevard Lefebvre
F-75732 Paris CEDEX 15
Téléphone 33 (1) 40 43 52 26
Télécopie 33 (1) 40 43 54 95
- au bureau de vente des Publications du SETRA
46, avenue Aristide-Briand - BP 100
F-92223 Bagneux CEDEX
Téléphone : 33 (1) 46 11 31 53 et 33 (1) 46 11 31 55
Télécopie : 33 (1) 46 11 33 55